

ذوّاقة الشاي

كيف أحدث الإحصاء ثورة علمية في القرن العشرين

ديفيد سالسبورغ

تعريب : رنا النوري

مكتبة العبيكان

ذوّاقة الشاي

كيف أحدث الإحصاء
ثورة علمية في القرن العشرين

ديڤيد سالسبورغ

تعريب

رنا النوري

مكتبة العبيكان

ذوّاقة الشاي

Original title:

THE LADY TASTING TEA

How Statistics Revolutionized Science in The Twentieth Century

First published in the United States

by

W.H. FREEMAN AND COMPANY INC., NEW YORK, N.Y. AND BASINGSTOKE

الرياض 11452، المملكة العربية السعودية، شمال طريق الملك فهد مع تقاطع العروبة، ص.ب. 6672

Obeikan Publishers, North King Fahd Road, P.O.Box 6672, Riyadh 11452, Saudi Arabia

الطبعة العربية الأولى 1423 هـ ـ 2003م

ISBN 9960-40-201-0

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

سالسبورغ، ديفيد

ذوّاقة الشاي؛ كيف أحدث الإحصاء ثورة علميّة في القرن العشرين ـ تعريب: رنا النوري

496 ص، 14,5 × 21 سم

ردمك: ISBN 9960-40-201-0

1 ـ مناهج الإحصاء 2 ـ تاريخ العلوم

أ ـ النوري، رنا (تعريب) ب ـ العنوان

ديوي 001,422 3521 ـ 22 رقم الإيداع: 3521 ـ 22

ردمك: ISBN 9960-40-201-0

الطبعة الأولى 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

تصميم الغلاف: جون أوكُنّر

تصميم الكتاب: ڤكتوريا توماسِللي

أهدي هذا الكتاب إلى زوجتي الحبيبة (42 سنة) فران Fran. لقد جمعت قصصاً عن رجال ونساء تسببوا بالانقلاب الإحصائي خلال حياتي العملية، فدأبت زوجتي على إقناعي بعرضها في كتاب غير رياضي. ولقد ساعدتني فران رغم قلة خبرتها الرياضية بمراجعة الكتاب مراراً، مشيرة إلى مواضع ضعف في بياني وشرحي. إن هذا الكتاب، خصوصاً الأجزاء الواضحة والمفهومة منه، هو نتيجة لإصرارها.

لن تُجيب أبداً عن تساؤلات

أو أسئلة في ما يتعلق بأمور العالم

ولن تُختَبَر بإرادتك

ولن تجلس مع إحصائيين

أو تلتزم بعلوم اجتماعية.

و. هـ. أودين W. H. Auden.

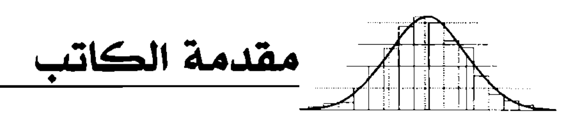
علينا دراسة الإحصاء لنفهم سنن الكون،

فقد تُبَيِّن لنا مقاييس هذه السنن.

فلورنس نايتينغيل Florence Nightingale

المحتوى

مقدمة الكاتب



دخلت علوم القرن التاسع عشر برؤية فلسفية ثابتة أطلق عليها آلية الكون. لقد جرى الاعتقاد وقتها أن هناك بضع نظريات رياضية (مثل قوانين نيوتن Newton للحركة وبويل Boyle للغازات)، تم استخدامها في التعبير عن الواقع وتنبؤ حوادث المستقبل. وكل ما كان يلزم لهذه التنبؤات هو مجموعة من المعادلات التامة والمصاحبة للمعايير الدقيقة. لقد استغرق الحضارة السائدة أربعين عاماً لتواكب تلك النظرة العلمية.

إن الحوار الذي جرى بين الإمبراطور نابليون Napoleon وبيير سيمون لابلاس Pierre Simon Laplace في بداية القرن التاسع عشر، مثال لهذا التخلف الحضاري. لقد قام لابلاس بنشر كتاب تعريفي ضخم عن كيفية حساب المواقع المستقبلية للكواكب والنجوم عن طريق مراقبتها من سطح الأرض. صرح بعدها نابليون بأنه لم يجد ذكراً للإله في بحث لابلاس، فأجابه لابلاس أنه لم يجد حاجة لمثل هذه الفرضيات.

لقد خاف الكثيرون من أن يسود مفهوم كون آلي من دون إله يُجري أموره، يتم به تقدير المستقبل تبعاً لأحداث الماضي.

ومن ناحية أخرى كانت النقلة العاطفية في القرن التاسع عشر، ردة فعل للنظرة العقلانية الباردة. كما ظهرت في منتصف القرن براهين للعلوم الجديدة أذهلت عقول الناس. لقد أصبحت نظريات نيوتن الرياضية تستخدم للبحث عن كواكب أخرى، وتم اكتشاف الكوكب نبتيون Neptune في الموقع الذي افترضته تلك القوانين. تداعت بعد ذلك كل المقاومات التي اعترضت نظام الكون الآلي، وأصبحت النظرة العلمية الفلسفية جزءاً أساسياً من الحضارة السائدة.

وإذا لم يكن لدى لابلاس حاجة للإله في تشكيل نظرياته، فإنه احتاج شيئاً آخر أسماه «عامل الخطأ». فمراقبة الكواكب والنجوم من على سطح الأرض لم تتفق تماماً مع مواقعها المفترضة. قام لابلاس وزملاؤه العلماء بإيعاز ذلك إلى خطأ في الملاحظة بسبب تشويش في جو الأرض، أو بسبب أخطاء بشرية أحياناً أخرى. قام لابلاس برمي هذه الأخطاء على عاتق سبب إضافي (عامل الخطأ) الذي أضافه إلى مواصفاته الرياضية، فامتصها عامل الخطأ هذا تاركاً القوانين الأصلية للحركة وحدها لافتراض المواقع الحقيقية للأجرام السماوية. لقد كانوا يعتقدون أن المزيد من القياسات الدقيقة ستلغي الحاجة لعامل الخطأ. كان العلم في القرن التاسع عشر تحت سيطرة فلسفات القدر، مع اعتبار دور عامل الخطأ، لربط الفروقات ما بين الملاحظ والمفترض. فلسفة القدر هي الإيمان أن كل ما يحدث محدد

مسبقاً عن طريق عوامل الكون البدائية، والصيغ الرياضية التي تصف حركاته.

ازدادت الأخطاء في نهاية القرن التاسع عشر بدلا من اختفائها، وبازدياد دقة القياسات ازداد ظهور الأخطاء. أصبحت آلية الكون في ضياع، كما باءت بالفشل محاولات اكتشاف قوانين لعلم الأحياء والاجتماع. حتى بعض العلوم القديمة مثل الفيزياء والكيمياء التي قام نيوتن ولابلاس بوضع قوانينها، اتضح أنها مجرد قوانين تقريبية. أصبح العلم تدريجياً يعمل بنظام آخر وهو النموذج الإحصائي للحقائق، فاتجهت معظم العلوم بنهاية القرن العشرين إلى استعمال النماذج الإحصائية.

فشلت الحضارة السائدة بالتواكب مع هذه الثورة العلمية، وانساقت بعض الأفكار والمصطلحات (مثل «الربط» «الفروق» «المخاطرة») مع المفردات العامية. أدركت غالبية الناس انعدام الحتمية المصاحبة لبعض المجالات العلمية مثل الطب والاقتصاد، وبقيت الأقلية البعيدة عن هذه العلوم غير مستوعبة للنقلة العميقة التي حدثت في النظرة الفلسفية. ماهي هذه النماذج الإحصائية؟ كيف تم اكتشافها؟ ما دورها في الحياة الواقعية؟ هل هي وصف حقيقي للواقع ؟ إن هذا الكتاب محاولة للإجابة عن هذه الأسئلة، وفي خلال هذه المرحلة سنستعرض حياة بعض الرجال والنساء الذين كان لهم دور في هذه الثورة.

للإجابة عن هذه الأسئلة من الضروري أن نفرق بين الأفكار الرياضية الثلاث: العشوائية، الافتراضية، والإحصائية. يرادف مفهوم العشوائية عند الكثيرين معنى آخر لغير المتوقع. يوضح القول المأثور في التلمود هذه الفكرة الشائعة: «لا يجب علينا أن نبحث عن الكنز المدفون لأننا سنعثر عليه عشوائياً، وبمعنى أوضح لا يمكن البحث عن شيء لايمكن إيجاده إلا عشوائياً». ولكن لدى العلماء العصريون عدة أنواع للعشوائية. إن مفهوم التوزيع الافتراضي (الذي سيتم شرحه في الفصل الثاني من الكتاب)، يجعلنا نضع قيوداً لهذه العشوائية، ويعطينا قدرة محددة لتوقع المستقبل إلا ما حدث جزافاً. لذا فإن العلماء العصريون لا يرون الأحداث العشوائية على أنها شاذة وغير متوقعة أو بعيدة الاحتمال، بل لها بنية علمية ويمكن وصفها رياضياً.

الافتراضية هي الكلمة المعاصرة لمفهوم قديم استخدمها أرسطو Aristotle، الذي صرح أن «طبيعة الفرضية هي التي تجعل الأمور البعيدة الاحتمال تحدث». كانت تدخل في البداية بالحس الشخصي لكل ما هو متوقع. قام بعض علماء الرياضيات في القرن السابع والثامن عشر ومن بينهم عائلة البيرنوللي Bernoullis وهي عائلة من جيلَين، وفرمات Fermat، ودي موافر de Moivre وباسكال Pascal، بالعمل على النظرية الفرضية في الرياضيات، والتي بدأت كألعاب حظ. قاموا بتطوير بعض الطرق المتقدمة لحساب الأحداث التي لها الفرضية

نفسها. استطاع دي موافر إدخال نظريات التفاضل والتكامل لهذه التقنيات، وتمكنت عائلة البيرنوللي من توضيح بعض النظريات الأساسية الغامضة تدعى «قانون الأرقام الكبيرة»، وفي نهاية القرن التاسع عشر أصبحت الاحتمالات الرياضية تحتوي وبشكل أساسي، على الحيل الرياضية المتقدمة لا ينقصها سوى الأساس النظري المتين.

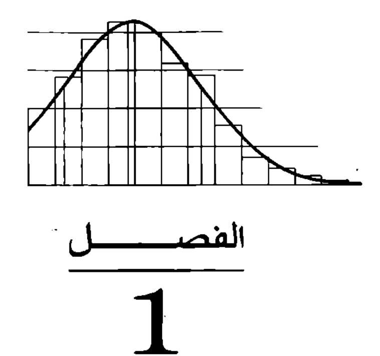
بالرغم من عدم إتمام النظرية الفرضية، فقد ظهرت فائدتها في تطوير الأفكار في مجال التوزيع الإحصائي. يحدث التوزيع الإحصائي عند بحثنا في مسألة علمية محددة. على سبيل المثال في سنة 1971 نُشرت دراسة من جامعة هارفرد للصحة العامة Harvard School of Public Health في المجلة الطبية البريطانية لانست Lancet، التي كانت تجري فحوصاً في ما إذا كان للقهوة صلة بسرطان المسالك البولية. أجريت الدراسة على عدة مرضى بعضهم مُصاب بسرطان المسالك البولية، وآخرون مُصابون بأمراض أخرى. قام كاتب التقرير بجمع معلومات إضافية عن أعمار المرضى وأجناسهم وتاريخ إصابة عوائلهم بالسرطان. ليس كل من يشرب القهوة معرضاً للإصابة بسرطان المسالك البولية، وليس كل من لديه سرطان المسالك البولية هو من شاربي القهوة، فهناك حالات تناقض هذه الفرضية. ومن ناحية أخرى فإن نسبة 25٪ من المرضى كانوا يشربون دائماً من 4 إلى 5 فناجين قهوة يومياً، ونسبة 10٪ من المرضى بغير السرطان كانوا من مدمني القهوة. وهنا تظهر بعض الدلائل لصالح هذه الفرضية.

جمع المعلومات زوّد المؤلفين بتوزيع إحصائي. فبدأوا باستعمال أساليب الاحتمال الحسابي معادلة نظرية لهذا التوزيع أسمَوها «وظيفة التوزيع الاحتمالي» أو العمل التوزيعي، الذي كانوا يستعملونه لفحص الأسئلة. إنه مشابه لعامل الخطأ عند لابلاس ولكنه أكثر تعقيداً. إن إنشاء التصنيف النظري يحيي النظرية الفرضية التي تُستعملُ لوصف كل ما هو متوقع من المعلومات المستقبلية والمأخوذة عشوائياً من فئة الأشخاص نفسها.

ليس هذا بكتاب عن الافتراضية والنظرية الفرضية التي تعتبر مفاهيم حسابية نظرية، ولكنه عن تطبيق بعض النظريات الفرضية للمسائل العلمية، وعن عالم التوزيع الإحصائي ووظائف التوزيع. إن النظرية الافتراضية وحدها ليست كافية لوصف الطرق الإحصائية، وقد تتعدى الطرق الإحصائية في العلوم أحياناً النظريات الافتراضية. قد يجد القارئ أن الفرضية تنساق عبر الفصول عند حاجتها وتُهمل في بعض الأحيان.

وحيث إن النماذج الإحصائية للواقع هي حسابية، فإن فهمها التام لا يتم إلا باستعمال معادلات ورموز حسابية. لا يطمع الكتاب إلى تحقيق هذه الطموحات. لقد حاولتُ وصف الثورة الإحصائية في علوم القرن العشرين عن طريق كثير من الأشخاص، (بعضهم مازال حياً) شاركوا في هذه الثورة وتطرقت فقط إلى مخترعاتهم محاولاً إعطاء القارئ فكرة كيف استطاعت اكتشافاتهم الفردية أن تتماشى مع الوضع السائد.

لن يتعلم قارئ هذا الكتاب ما يكفيه للعمل في مجال التحليل الإحصائي للبيانات العلمية، لأن هذا قد يتطلب سنوات من الدراسة الجامعية. ولكن أرجو أن يخرج القارئ ببعض الفهم عن النقلة الراسخة في علم الفلسفة الأساسي، والذي يتم تمثيله عن طريق النظرة الإحصائية للعلوم . لذلك إلى أين يذهب الأشخاص الذين لا علاقة لهم بالحساب لفهم ثورة العلوم هذه؟ أعتقد أن ذوّاقة الشاي هو المكان المناسب لهم للبدء بذلك. . .



الفصل

1

ذوّاقة الشاي

اجتمعت في مدينة كامبردج Cambridge بإنجلترا England ظهيرة أحد أيام صيف أواخر العشرينات، مجموعة من أساتذة الجامعة وزوجاتهم، وبعض الزائرين حول طاولة في الهواء الطلق لاحتساء الشاي. أصرت إحدى السيدات أن مذاق الشاي يختلف إذا صببناه على الحليب عن مذاقه إذا صببنا الحليب فوقه. بدأ الرجال ذوو العقول العلمية بالسخرية لما قالته باعتباره مجرد تفاهة، فما الفرق في ذلك؟ لم يروا أي فرق في التركيبة الكيميائية للمحلول الناتج. اعترض أحدهم على الخلاف وكان قصيراً ونحيلاً بنظارة ثخينة ولحية قصيرة دقيقة بدأ يغزوها الشيب، فقال بشغف: «فلنقم باختبار الفرضية». بدأ بشرح تجربة بأن يقدم للسيدة التي أصرت على وجود فروق، أكواباً صُبّ في مجموعة منها الشاي على الحليب، وأخرى الحليب على الشاي.

أستطيع سماع آراء القرّاء رافضين الاهتمام بهذا الهراء، إذ يتساءلون: «ما الاختلاف الذي سيحدث عندما تميّز السيدة إحدى طرق الحقن عن الأخرى؟» فيسخرون قائلين أن لا يوجد ما له قيمة علمية في هذه المسألة، وأنه من الأولى لهذه العقول الواعية أن تضع اهتمامها في أمور تنفع البشرية.

إن تجربتي مع العلماء ولسوء الحظ، أنهم يجرون أبحاثهم لاهتمامهم بالنتائج ولحصولهم على المتعتين العلمية والذهنية بعملهم هذا، ونادراً ما يكون لمجرد قيمة عملهم العلمي كما هو الحال مع العلماء الحقيقيين. لذا، ورجوعاً إلى ذلك اللقاء ظهيرة أحد أيام الصيف في كامبردج، فقد تكون السيدة محقة أو غير محقة بشأن المحلول. وتكمن المتعة في إيجاد طريقة لإثبات ما إذا كانت محقة، بتتبع إرشادات الرجل الملتحي فبدأوا بمناقشة كيفية حسم القرار.

شارك معظمهم وبكل حماسة خطوات تحضير التجربة، وخلال دقائق بدأوا بتحضير أكواب بالطريقتين المختلفتين وعلى غير مرأى من السيدة. وختاماً قدم لها الرجل الملتحي فنجانها الأول، تذوقته وصرحت بعد دقيقة أنه الفنجان الذي تم فيه صب الحليب فوق الشاي. دوّنَ إجابتها من غير تعليق وقدم لها الفنجان الآخر...

الطبيعة التعاونية في العلوم

لقد سمعت هذه القصة في نهاية الستينات من رجل كان

قد حضر ذلك اللقاء واسمه هيو سميث Hugh Smith، ولكنه نشر أوراقه العلمية تحت اسم هـ. فيرفيلد سميث H. Fairfield Smith. تعرّفت إليه عندما كان بروفيسور إحصاء في جامعة كونيكتيكت Connecticut في ستورز Storrs، إذ كنت قد حصلت على شهادة الدكتوراه في الإحصاء من الجامعة نفسها قبل ذلك بسنتين. وبعد التدريس في جامعة بنسلفانيا Pennsylvania، التحقت بقسم الأبحاث الطبية في شركة الأدوية الكبيرة بفايزر Pfizer Inc، وكان يبعد مجمع أبحاث الشركة في غروتن Groton بكونيكتيكت، مسافة ساعة بالسيارة عن ستورز. كان عملي في بفايزر يتضمن عدة مسائل رياضية معقدة، ولكوني الإحصائي الوحيد هناك في ذلك الوقت، كنت بحاجة لمناقشة تلك المسائل و«الحلول التي أوجدتها» معهم.

اكتشفت خلال عملي في بفايزر مدى قلة الأبحاث العلمية الممكن القيام بها منفرداً، إذ عادة ما تتطلب تعاوناً بين جمعٍ من العقول، تفادياً لسهولة الوقوع في الخطأ. قد لا يناسب النموذج الذي أتقدم به في بعض الأحيان عند اقتراحي معادلة رياضية كوسيلة لحل مشكلة، أو قد أبنيها على فرضيات لا تمثل تلك الحالة، أو قد تكون «الحلول» التي استخرجتها مأخوذة من فرع خاطئ في المعادلة، أو قد أكون أخطأت في العمليات الحسابية.

كنت أجد ترحيباً كلما زرت جامعة ستورز للتحدث مع البروفيسور سميث، أو ناقشت المعادلات مع الكيميائيين، أو

الصيدلانيين في بفايزر، إذ كانوا يرحبون بكل هذه المناقشات بحماسة واهتمام. ما يجذب اهتمام معظم العلماء عادة بأعمالهم هو المتعة التي تتحقق لهم في العمل على تلك المسائل. يتطلعون بشغف للمداخلات مع غيرهم عند انكبابهم على إحدى المسائل محاولين فهمها.

تصميم التجارب

وهكذا كان ذاك اللقاء الصيفي في كامبردج. كان الرجل الملتحي هو رونالد آيلمر فيشر، Ronald Aylmer Fisher وكان حينها في نهاية الثلاثينات من عمره، ثم أصبح بمرتبة الفارس رونالد فيشر في سنة 1935. ألَّف كتاباً بعنوان تصميم التجارب The Design of Experiments، وقام بوصف تجربة ذوّاقة الشاي في الفصل الثاني من كتابه. قام فيشر في كتابه بمناقشة اعتقاد السيدة أنها مسألة فرضية، وعرض مختلف الطرق التي يمكن بها تصميم التجربة، لتقرير في ما إذا كانت السيدة تستطيع تمييز الفرق. تكمن المشكلة في تصميم التجربة. فإذا أُعطيت فنجاناً واحداً من الشاي تكون لديها فرصة 50٪ لتخمين نوع المحلول المُستخدم، حتى لو لم تستطع تحديد الفرق. كما أنها لو أُعطيت فنجانين من الشاي فقد يكون بمقدورها التخمين بشكل صحيح. وفي الواقع إذا عرفت السيدة أن فنجاني الشاي قد أُعدّا بطريقتي حقن مختلفتين، فإن أحد التخمينات سيكون صحيحاً تماماً (أو خاطئاً تماماً).

كما أن هناك فرصة لأن ترتكب خطأ حتى لو استطاعت تمييز الفرق، أو أنه لم يتم مزج المحلول جيداً في أحد الفناجين، أو تم مزج المحلول بينما لم يكن الشاي حاراً بما فيه الكفاية. قد يعرض عليها عشرة أكواب مثلاً وتميز تسعة منها فقط، حتى لو استطاعت أن تفرق بينها.

يناقش فيشر في كتابه النتائج الممكنة والمختلفة لمثل هذه التجربة. فهو يصف كيفية تحديد عدد الفناجين وكيفية تقديمها وترتيبها، وما هو القدر الذي يجب إخبار السيدة به عن ترتيبه في التقديم. ثم يستنبط احتمالات النتائج المختلفة معتمداً على صحة أو عدم صحة اختيار السيدة. لم يُشر أثناء مناقشته للتجربة أنها حدثت فعلاً، ولم يصف نتائج تجربة فعلية.

كان كتاب فيشر عن تصميم التجارب، عنصراً هاماً في الثورة التي برزت في كل مجالات العلوم في النصف الأول من القرن العشرين. علما أنه كانت تقام التجارب العلمية قبل ظهور فيشر على الساحة بمئات السنين. قام الفيزيائي الإنجليزي وليام هارفي William Harvey في أواخر القرن السادس عشر، بإجراء التجارب على الحيوانات، فسدّ مجرى الدم في الأوردة والشرايين، محاولاً تتبع الدورة الدموية وهي تتدفق من القلب إلى الرئة، ومن ثم تعود إلى القلب فباقي أجزاء الجسم، متابعاً عودتها إلى القلب ثانية.

لم يكتشف فيشر أن التجارب وسيلة لزيادة المعرفة، إذ

كانت التجارب خاصّة لكل عالم على حدة حتى مجيئه. تمكن العلماء الجيدون بعدها من إجراء تجارب تعطي معارف جديدة، وانشغل القليل منهم «بتجارب» تجمع الكثير من البيانات لا فائدة منها في تنمية المعرفة. ويتضح هذا في المحاولات غير الحاسمة التي أجريت خلال أواخر القرن التاسع عشر لقياس سرعة الضوء. لم يتم حساب التقديرات الجيدة لحساب سرعة الضوء إلا بعد أن قام الفيزيائي الأمريكي آلبرت متشلسون Albert Michelson، بإجراء مجموعة من التجارب عالية المستوى مستخدماً الضوء والمرايا.

نادراً ما نشر علماء القرن التاسع عشر نتائج تجاربهم، بل اعتادوا وصف نتائجهم ونشر البيانات التي «توضح» صحة هذه النتائج. لم يظهر غريغور منديل Gregor Mendel كل نتائج تجاربه في تنمية البازلاء، بل قام بوصف مراحل التجارب ثم كتب: «قد تقوم أول عشر عينات من كلتي التجربتين مقام تمثيل الصورة بكاملها..». (قام رونالد فيشر في الأربعينات باختبار أسس «تمثيل» بيانات منديل، واكتشف أنها مُبالغ بها لتكون واقعية، إذ لم تظهر درجة العشوائية التي قد تحصل).

وبالرغم من تطور العلوم من خلال التفكير الدقيق والملاحظة والتجارب، إلاّ أنه لم تتضح أبداً كيفية إجراء تلك التجارب، كما لم يتم عادة عرض نتائجها على القارئ.

لقد اتضحت حقيقة هذا الأمر خصوصاً في الأبحاث الزراعية التي أُجريت في نهاية القرن التاسع عشر وبداية القرن

العشرين. كان فيشر يعمل في مركز روثهامستد للأبحاث الـزراعـيـة Rothamsted Agricultural Experimental Station خلال السنوات الأولى من القرن العشرين، وكان المركز يجري تجاربه على أنواع من المخصبات، (تدعى «المخصبات غير الطبيعية») قبل تسعين سنة من انضمامه إليه. كان العمال في إحدى تجاربه ينشرون خليطاً من الفوسفات وأملاح النيتروجين على الحقل كله، ثم يزرعون الحبوب ويقيسون فترة الحصاد، مع كمية الأمطار التي تهطل في الصيف. وهناك معادلات تفصيلية تُستخدم «لتعديل» نتاج سنة ما أو حقل ما، لمقارنتها مع نتاج حقل آخر، أو نتاج الحقل نفسه في سنة أخرى. يُدعى ذلك «مؤشرات التخصيب» وكل مركز أبحاث زراعي له مؤشرات تخصيب خاصة به، والتي يعتقد أنها أكثر دقة من غيرها.

كانت حصيلة هذه السنوات التسعين من التجارب كتلة من الفوضى، واكتشافات واسعة لبيانات لم تنشر ولا فائدة منها. تبين أن بعض سنابل القمح تستجيب أكثر من غيرها لنوع معين من المخصبات، ولكن فقط حينما يهطل المطر بغزارة. كما بينت بعض التجارب الأخرى أن استعمال هايدروكسيد البوتاس في سنة، وسلفات الصودا في سنة لاحقة زاد في إنتاج أنواع متنوعة من البطاطس دون غيرها. فكل ما نستطيع جزمه عن تلك المخصبات غير الطبيعية، أن بعضها قد يعمل في بعض الأحيان.

نظر فيشر نظرة عالم رياضي متمرس إلى مؤشرات

التخصيب التي لجأ إليها خبراء الزراعة في روثامستد، لتصحيح نتائج التجارب آخذين بالاعتبار الفروقات الناتجة عن التقلبات الجوية عبر السنين. قام بدراسة المؤشرات المنافسة المستخدمة في مراكز الأبحاث الزراعية الأخرى، فوجد أن معادلاتها متماثلة إذا أُعيدت لعناصرها الجبرية الأولية. أي أن كل مؤشرين يتنافس بهما أصحابهما يقودان بالواقع لنتائج التصحيح نفسها تماماً. فقام سنة 1921 بنشر مقالة بمجلة التطور الزراعي الرائدة، سجلات الأحياء التطبيقية Annals of Applied Biology، أوضح فيها أنه لا فرق في استعمال أي نوع من المؤشرات. كما أوضحت المقالة عدم ملاءمة جميع هذه التعديلات لتصحيح اختلاف التخصيب في حقول مختلفة. أنهَت هذه المقالة المتميزة أكثر من عشرين سنة من المشادات العلمية.

قام فيشر بفحص البيانات وقت الحصاد، وعند هطول الأمطار لتسعين سنة ماضية، وأوضح أن أثر الاختلاف الجوي من سنة إلى سنة يفوق أثر المخصبات المختلفة. استعمل فيشر لاحقاً مصطلح «متداخلة» في نظريته للتصميم التجريبي، لوصف الاختلاف من سنة إلى سنة في الجو، والاختلاف من سنة إلى سنة في المخصبات غير الطبيعية، أي أنه لا مجال لفصلهما عن بعضهما باستخدام بيانات التجارب. كانت تسعين سنة من التجارب، وأكثر من عشرين سنة من المشادات العلمية عديمة الفائدة ومضيعة للجهد .

حدد هذا نمط تفكير فيشر عن التجارب وتصميمها،

فاستنتج حاجة العلماء للبدء بنموذج رياضي لنتائج التجربة الممكنة. يتكون النموذج الرياضي هذا من مجموعة معادلات تمثل بعض رموزها أرقاماً يتم جمعها كبيانات التجارب، بينما تمثل رموز أخرى نتائج التجربة العامة. يبدأ العالم ببيانات التجربة، ثم يحسب النتائج المناسبة للمسألة العلمية المطروحة.

فلنأخذ مثلاً تجربة أحد الأساتذة مع تلميذ معين. يهتم الأستاذ بإيجاد أسلوب لقياس مدى تحصيل تلميذه العلمي، فيمتحنه بمجموعة «تجارب»، ويقيّم كل امتحان بمقياس من 0 الى 100. لا تمثل نتيجة كل امتحان على حدة حقيقة تحصيل التلميذ العلمي، فهناك احتمال أنه لم يدرس بعض المواضيع التي اختُبر بها، بينما يكون على دراية بالمواضيع الأخرى. وهناك احتمال إصابته بصداع يوم الامتحان، أو أنه قد احتد نقاشه مع والديه صباح يوم الامتحان. أسباب عدة تجعل الامتحان الواحد غير كافٍ لتقييم معلومات التلميذ، لذا يقوم الأستاذ بإجراء عدة امتحانات له، ويكون متوسط درجاته تقديراً أمثل لمدى تحصيله العلمي. تكون البيانات هي درجات التلميذ لكل امتحان.

ما الأسلوب الذي يتبعه الأستاذ في تلك الامتحانات؟ هل تكون مجموعة امتحانات لتغطية ما تعلمه التلميذ في اليومين السابقين؟ أم هل يجب أن تشمل كل المادة التي درسها لحين الامتحان؟ هل تُجرى هذه الامتحانات أسبوعياً أم يومياً أم في نهاية كل وحدة دراسية؟ تؤثر كل هذه الأسئلة في تصميم التجربة.

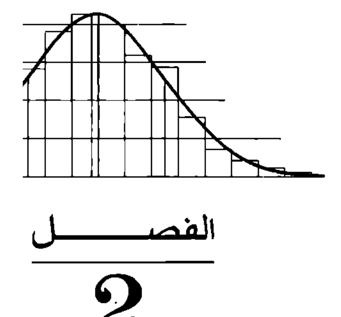
يُجري خبير الزراعة ـ عندما يريد معرفة أثر نوع معين من المخصبات غير الطبيعية على نمو القمح ـ تجربة للحصول على البيانات اللازمة لتقدير مدى أثرها. أوضح فيشر أن الخطوة الأولى في تصميم التجربة هي تهيئة مجموعة من المعادلات الرياضية، لوصف العلاقة بين البيانات التي يتم جمعها والنتائج المتوَقّعة. كما أنه يجب على كل تجربة لتكون نافعة، أن تسمح بتقدير تلك النتائج. ويجب أن تكون التجربة محددة فتسمح للعلماء تمييز الاختلاف في النتائج نسبة لتقلب الجو، أو لاختلاف المخصبات المستعملة. ومن الضروري مقارنة نتائج تجربة ما بنتائج مجموعة تُسمى «مجموعة الضبط»، التي تخضع للتجربة ذاتها.

يزودنا فيشر في كتابه تصميم التجارب، بأمثلة جيدة لتصاميم تجارب، واشتق منها قوانين عامة لتصميم التجارب. ولكنه استعمل أساليب رياضية معقدة إلى حدٍ لم يستطع معظم العلماء أن يصمموا تجاربهم الخاصة، إلا إذا اتبعوا نموذج أحد تصميمات كتاب فيشر.

أيقن خبراء الزراعة القيمة العظيمة لجهود فيشر في تصميم التجارب، فسيطرت الأساليب الفيشرية على الكليات الزراعية في معظم أنحاء العالم الناطق باللغة الإنجليزية. وبمحاكاة الجهود الأولى لفيشر تطورت كتابات علمية لشرح تصاميم التجارب المختلفة. استُخدِمت هذه التصاميم لمجالات غير زراعية، كالطب والكيمياء ورقابة النوعية الصناعية، ويتكون

معظمها من معادلات رياضية معقدة. فلنوافق حالياً الرأي أنه لا يمكن لعالم وببساطة أن يجري «تجربة ما»، لأن الأمر يتطلب تفكيراً عميقاً ودقيقاً، وغالباً ما يلزمه جرعة قوية من الرياضيات الصعبة.

فما جرى لذوّاقة الشاي؟ لم يصف فيشر نتائج التجربة التي أجريت في عصر ذلك اليوم الصيفي المشمس في كامبردج، لكن البروفيسور سميث أخبرني أنها استطاعت تمييز كل الفناجين بدقة.



الفصل

2

التوزيع الانحرافي

كالكثير من ثورات الفكر البشري، فإنه يصعب تحديد زمن ارتقاء النموذج الإحصائي ليصبح جزءاً من العلوم. قد نجد أمثلة عليه في بعض أعمال علماء الرياضيات الألمان والفرنسيين في بداية القرن التاسع عشر، بل قد نجد تلميحات له في أوراق فلكيي القرن السابع عشر مثل يوهانيس كيبلر Johannes Kepler. وكما ذكر في مقدمة الكتاب، فإن لابلاس أوجد ما أسماه عامل الخطأ لموازنة الأخطاء الإحصائية في علم الفلك، وإنني أفضل تأريخ الثورة الإحصائية لجهود كارل بيرسون Karl Pearson في التسعينات من القرن التاسع عشر. أدرك تشارلز داروين Charles Darwin أن الاختلاف البيولوجي جانب أساسي في الحياة، واتخذه أساساً لنظريته البقاء للأقوى، بيد أن زميله الإنجليزي كارل بيرسون هو الذي أدرك طبيعة النموذج الإحصائي واختلافه عن النظرة الحتمية في علوم القرن التاسع عشر.

لم يكن يرد ذكر بيرسون إلا نادراً، عندما بدأت دراسة الإحصاء الرياضي في سنة 1960. ولمّا كنت ألتقي وأتحدث مع المسؤولين الكبار في هذا المجال لم أسمع أي ذكر منهم لأعماله، فإما أنه كان مُهملاً أو أنهم استصغروه، وقللوا من إنجازاته معتبرينها قديمة. فعلى سبيل المثال، يذكر تشرتشل آيزنهارت Churchill Eisenhart، من المكتب القومي الأمريكي للمقاييس، والذي كان يدرس في كلية الجامعة بلندن في السنوات الأخيرة من حياة كارل بيرسون، أنه كان رجلاً عجوزاً كئيباً، ألقته قفزة البحوث الإحصائية وأعماله في نفايات الماضي ونحّته جانباً. اعتاد طلاب الجامعة من الشباب اللامعين الاحتشاد تحت أقدام عظماء عصريين من أمثال ابن كارل بيرسون نفسه، لكن أحداً منهم لم يأتِ لرؤية كارل العجوز الوحيد، مبتعداً في مكتبه عن الصخب الممتع والإثارة بما جدّ في الأبحاث.

لم يدم الحال هكذا، فقد غادر الشاب كارل (سيك) بيرسون Carl (sic) Pearson، في سنة 1870 إنجلترا إلى ألمانيا لمتابعة تحصيله العلمي في العلوم السياسية. وهناك أصبح متيماً بأعمال كارل ماركس Karl Marx. وكإجلال لماركس قام بتغيير تهجئة اسمه الأول ليتماشى مع تهجئة اسم ماركس الأول. عاد إلى إنجلترا حاملاً شهادة الدكتوراه في العلوم السياسية، وكتب كتابين قيّمَين في هذا المجال. لقد كانت لديه الجرأة لإنشاء نادٍ لنقاش الشباب والشابات Young Men's and Women's Discussion Club وسط إنجلترا الفيكتورية المتعجرفة آنذاك.

اجتمع الشباب والشابات في هذا النادي (بدون تكلف)، وبمساواة بين الجنسين على نمط لقاءات الطبقة الراقية في المجتمع الألماني والفرنسي، ليناقشوا المسائل السياسية والفلسفية في العالم. ولمجرد أن بيرسون قابل زوجته في هذا الجو الاجتماعي، يبين أنه كان له غاية أخرى وراء إنشاء النادي. وهذه المجازفة الاجتماعية تلقي الضوء على طبيعة تفكير كارل بيرسون الأصلية، واستخفافه التام بالعادات الراسخة.

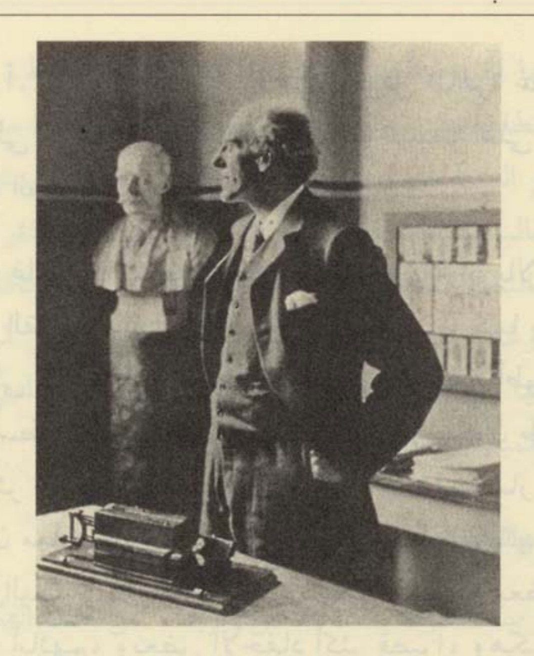
كان اهتمام بيرسون الأول في الفلسفة العلمية وطبيعة النماذج الرياضية، رغم أنه حاز على شهادة دكتوراه في العلوم السياسية. نشر في الثمانينات من القرن التاسع عشر كتاب قواعد العلوم، وصدر منه عدة طبعات. يعتبر هذا الكتاب من أفضل الكتب في طبيعة العلوم والرياضيات لفترة ما قبل الحرب العالمية الأولى. لقد كان مليئاً بالأفكار الجديدة اللامعة، مما جعله كتاباً هاماً في مجال الفلسفة العلمية، وكان لأسلوبه البسيط السلس، الأثر في سهولة استيعابه على الجميع، فلم يلزم لقراءة وفهم قواعد العلوم معرفة بالرياضيات. ورغم مضي نحو مئة سنة على كتابته، إلا أن المفاهيم والأفكار الموجودة فيه مرتبطة بكثير من أبحاث القرن الحادي والعشرين، وبطبيعة العلوم السارية ليومنا هذا.

مختبر غالتون (البيومتري) للمقاييس البيولوجية

وقع بيرسون في هذه المرحلة من حياته، تحت تأثير

العالم الإنجليزي السير فرانسيس غالتون Sir Francis Galton، المعروف لدى معظم الناس «كمكتشف» بصمات الأصابع. إن اكتشاف خصوصية بصمات الأصابع لكل فرد، والطرق المستخدمة في معرفة وتحديد تلك البصمات هي لغالتون وحده. وتكمن خصوصية بصمات الأصابع في نمط العلامات غير المنتظمة والمرسومة على الأصابع، والتي تدعى «علامات غالتون». بل إن غالتون لم يكتف بذلك، ولكونه ثرياً وعالماً هاوياً يسعى لإضافة دقة الرياضيات إلى علم الأحياء من خلال دراسته لأنماط الأرقام، شمل أحد أوائل أبحاثه موضوع توارث العبقرية. جمع معلومات عن أزواج من الآباء والأبناء المشهورين بعبقريتهم. لكنه واجه صعوبات لعدم وجود سبل قياس جيدة لدرجة الذكاء في ذلك الزمن. قرر أن يبحث في السمات الوراثية سهلة القياس مثل الأطوال.

قام غالتون بإنشاء مختبر بيومتري (بيو من كلمة بيولوجيا، متري من وحدة القياس) في لندن، وأعلن عنه من أجل حضور العائلات لأخذ مقاساتها. قام في مخبره البيومتري بجمع مقاييس الأطوال والأوزان ومقاييس بعض العظام، وخصائص أخرى لأفراد العائلة، ثم جدوَلَ هذه البيانات مع مساعديه وفحصها مرات عدة. كان يبحث عن طريقة للتنبؤ بكيفية انتقال المقاييس من الآباء إلى الأبناء. إذ كان معلوماً مثلا أن الأبناء طويلي القامة يولدون من آباء طويلي القامة كذلك، ولكنه كان يبحث عن نموذج رياضي يتنبأ به أطوال الأبناء اعتماداً على أطوال آبائهم.



كارل بيرسون، (1857 ـ 1936) مع مجسم رافاييل ويلدون في الخلفية

الربط والارتداد

وهكذا اكتشف غالتون ظاهرة أسماها «الارتداد للوسط». فقد اتضح أن أبناء الآباء طويلي القامة أميل لأن يكونوا أقصر من آبائهم، وأبناء قصيري القامة أميل لأن يكونوا أطول من آبائهم، وكأن هناك قوة غامضة تسبب في مسار أطوال الناس من الحد الأقصى باتجاه الوسط أو المعدل المعروف. وظاهرة الارتداد إلى الوسط هذه تشمل أموراً أوسع من أطوال الناس فقط، إذ غالباً ما تسيطر ظاهرة الارتداد إلى الوسط على كل الملاحظات العلمية. سنرى في الفصل الخامس والسابع كيف

تمكن ر.آ. فيشر R. A. Fisher من تحويل ظاهرة غالتون في الارتداد إلى الوسط إلى نماذج إحصائية تسيطر على الاقتصاد والأبحاث الطبية وكثير من الأمور الهندسية.

فكر غالتون باكتشافه المميز، وأدرك حقيقة أنه بالإمكان تنبؤ ذلك قبل القيام بتدوين ملاحظاته. فلنفترض، كما يقول، أن الارتداد إلى الوسط لم يحدث، فبذا يكون وسطي أطوال الأبناء مساوياً لوسطي أطوال آبائهم طويلي القامة، وسيكون طول بعض الأبناء أكثر من آبائهم (من أجل إسقاط معدل قصار القامة). وهكذا فإن معدل أطوال ذاك الجيل سيفوق أطوال آبائهم كذلك، وهكذا دواليك جيلاً بعد جيل. وبالمثل سيصبح بعض الأبناء أقصر من آبائهم، وبعض الأحفاد أكثر قصراً، وهكذا. وبعد بضعة أجيال، سيتكون العرق البشري من رجال بازدياد طول مستمر من جهة، وآخرين بازدياد قصر مستمر من جهة أخرى.

لا تجري الأمور هكذا، فأطوال الناس تميل وسطياً إلى الثبات. ويحدث هذا فقط إذا كان وسطي طول أبناء الآباء طوال القامة قصيراً، ووسطي طول أبناء قصار القامة طويلاً. إن ظاهرة الارتداد إلى الوسط تدعو إلى الثبات وتحافظ على «تماثل» صفات المخلوقات عبر الأجيال.

اكتشف غالتون مقياساً رياضياً لهذه العلاقة، وأسماه «معامل الربط». أوجد غالتون معادلة لحساب هذا الرقم من البيانات التي جمعها في المختبر البيومتري. إنها معادلة فريدة

من نوعها لقياس أحد جوانب الارتداد إلى الوسط، ولكنها لا تفيدنا مطلقاً عن سبب تلك الظاهرة. وهو أول من استخدم مصطلح الربط ليدل على هذا المعنى، فشاع استعماله بعد ذلك. غالباً ما تستخدم كلمة الربط لتعني أمراً أكثر إبهاماً عن معنى غالتون المحدد في معامل الربط. لهذه الكلمة جِرس علمي، وغالباً ما يستعملها العامة لوصف الربط بين شيئين. يدل استخدامها من غير الرجوع إلى مقياس غالتون العلمي إلى عدم الدقة العلمية التي راعاها غالتون لغرضه المحدد.

التوزيع والمقاييس المتغيرة

اقترب غالتون بمعادلته عن الربط، من تلك الفكرة الثورية الجديدة التي ستحوّل مجرى كثير من علوم القرن العشرين، لكن تلميذه كارل بيرسون كان أول من أتم صياغة الفكرة.

يجب التخلص من أفكارك القديمة عن العلوم لاستيعاب تلك الفكرة الثورية. لقد درسنا أن العلوم غالباً ما تكون مبنية على أخذ المقاييس الدقيقة، لتُستخدم في صياغة المعادلات الرياضية التي تصف الطبيعة. لقد تعلمنا في فيزياء المرحلة الثانوية أن المسافة التي يقطعها الجسم الساقط، تتناسب مع الزمن بمعادلة رياضية تحتوي على الرمز ج الذي يمثل المعامل الثابت للتسارع. فقد تعلمنا أن نستخدم التجارب لتحديد قيمة ج، فلننظر إلى نتيجة سلسلة التجارب التي أجراها طالب الثانوية لتحديد قيمة ج. فهو يضع الأوزان الصغيرة لتتدحرج على سطح مائل فيقيس المدة

التي تقطعها للوصول إلى نقاط مختلفة على المنحدر، ماذا يحدث؟ نادراً ما تكون النتائج صحيحة. وبزيادة عدد مرات التجربة تزداد حيرة الطالب لتفاوت قيم ج من التجارب الكثيرة. ثم يقوم الأستاذ متفاخراً بعلمه مؤكداً للطلاب أنهم لم يحصلوا على الإجابة الصحيحة لعدم دقتهم أو لنقلهم أرقاماً خاطئة.

والذي لم يخبرهم به أن كل التجارب نادراً ما تكون دقيقة، ولا حتى أدق العلماء يحصلون على الرقم الصحيح، فقد يقع خلل غير متوقع وغير مرئي في كل تجربة. قد يكون جو الغرفة دافئاً بعض الشيء فيعيق انزلاق الأوزان لأعشار الثواني، أو حتى نسيم فراشة مارّة يكون له أثر. فكل ما يمكن الحصول عليه من التجارب هو أرقام مبعثرة لا يعطي أحدها الإجابة الصحيحة، لكن يمكن جمعها كلها لتقدير القيمة الصحيحة.

بالاستعانة بفكرة بيرسون الثورية، فإننا لا ننظر إلى نتائج التجارب كمقاييس دقيقة مستقلة بذاتها، بل هي مجرد أرقام مبعثرة، أو توزيع رقمي، إن صح التعبير. يمكن صياغة التوزيع الرقمي كمعادلة رياضية، تخبرنا بإمكانية حصول هذا الرقم الملاحظ على قيمة محددة. وتبقى القيمة التي يأخذها هذا الرقم من تجربة معينة قيمة لا يمكن التنبؤ بها، فلا يمكننا التكلم إلا عن احتمالية هذه القيم وليس عن حتميتها. إن نتائج التجارب المنفردة عشوائية أي أنه لا يمكن التنبؤ بنتائجها، لكن النماذج الإحصائية للتوزيع تمكننا من وصف الطبيعة الرياضية لتلك العشوائية.

لقد أخذت العلوم بعض الوقت لتدرك تأصل العشوائية في الملاحظة. قام فلكيو وفيزيائيو القرن الثامن والتاسع عشر بإيجاد معادلات رياضية تصف ملاحظاتهم لدرجة من الدقة المقبولة. كان الانحراف بين القيم الملحوظة والمُتنَبَأ بها متوقعاً بسبب عدم دقة أجهزة القياس، وبالتالي أُبعدت. وافتُرِض أن الكواكب والأجرام الفلكية الأخرى تتبع مسارات محددة حسب المعادلات الأساسية للحركة. نُسِب الغموض إلى عدم دقة الأجهزة لا لأنه متأصل في الطبيعة.

أصبحت العشوائية الموجودة في الطبيعة أكثر وضوحاً مع تطوير أجهزة قياسية أكثر دقة في الفيزياء، وبمحاولات نقل علم المقاييس لعلوم الأحياء والاجتماع. كيف يمكن معالجة ذلك؟ إحدى الوسائل تكمن بالحفاظ على المعادلات الرياضية الدقيقة، وبمعالجة الانحراف بين القيم الملحوظة والمُتَنَبَأ بها كخطأ صغير لا قيمة له. في الواقع وفي سنة 1820، فإن الدراسات الرياضية التي قام بها لابلاس La Place تصف الاحتمال التوزيعي الأول، والخطأ التوزيعي، على أنها صيغ رياضية للاحتمالات المصاحبة لتلك الأخطاء الصغيرة وغير الهامة. اشتهر خطأ التوزيع وعُرف باسم «المنحنى الجرسي» أو التوزيع القياسي[1].

(1) يدعى أحياناً بالتوزيع الغاوسيّ تكريماً لمن كان يعتقد أنه أول من صاغه، بيد أنه لم يكن كارل غاوس بل رياضي سبقه اسمه أبراهام دي =

لقد تطلب الأمر من بيرسون أن يمضي خطوة إلى ما وراء التوزيع القياسي أو خطأ التوزيع. فبالنظر إلى البيانات المتراكمة في علم الأحياء، عبّر بيرسون عن المقاييس نفسها بدلاً من أخطائها، باحتوائها على التوزيع الاحتمالي. أي أن كل ما نقيسه هو حقيقة جزء من البعثرة العشوائية، توصَف احتمالاتها بمُعامل رياضي هو المُعامل التوزيعي. اكتشف بيرسون مجموعة من المُعاملات التوزيعية أسماها «التوزيع الانحرافي» مدعياً أنها تصف أي نوع من البعثرة قد يراها العالم في البيانات. كل توزيع في هذه المجموعة يمثل أربعة أرقام.

تختلف الأرقام التي تمثل المُعامل التوزيعي عن «الأرقام التي تستخدم في المقاييس». لا يمكن ملاحظة هذه الأرقام بل تُستنتج من طريقة بعثرة المقاييس. سُمّيَت هذه الأرقام لاحقاً بالمتغيرات parameters مأخوذة من اليونانية «كأنها مقاييس»، والمتغيرات الأربعة التي تصف تماماً أيّ جزء من نظام بيرسون تدعى:

1 ـ **الوسط**: القيمة الوسطية التي تتناثر حولها المقاييس،

2 ـ **الانحراف القياسي**: إلى أي مدى تتناثر معظم

= موافر Abraham de Moivre الذي كان أول من كتب معادلة التوزيع. وهناك سبب جوهري لتصديق أن دانييل بيرنوللي تطرق للمعادلة من قبل. كل هذا مثال لما أسماه المؤرخ العلمي المعاصر ستيفن ستيغلر Stephen Stigler بتزييف التسمية misonomy، وأنه لا يوجد في الرياضيات ما سُمّيَ تبعاً لمكتشفه.

المقاييس حول الوسط،

3 ـ **التناظر**: الدرجة التي تتراكم فيها المقاييس على أحد جوانب الوسط،

4 ـ **قياس الذروة**: إلى أي بعد تتناثر القياسات النادرة عن الوسط.

هناك نقلة حادة في التفكير مع نظام بيرسون للتوزيع الانحرافي، فكانت الـ «أشياء» التي اهتمت بها العلوم قبله حقيقية ومعقولة. قام كيبلر Kepler بمحاولة اكتشاف القوانين الرياضية التي تصف حركة الكواكب في الفضاء. حاولت تجارب وليام هارڤي William Harvey أن توضح مسرى الدم في أوردة وشرايين حيوان معين. وقامت الكيمياء بالتعامل مع العناصر والمركبات المكونة من العناصر. لكن الكواكب التي قام كيبلر بترويضها، هي عبارة عن مجموعة أرقام تحدد مواقع في السماء، يمكن لأهل الأرض ملاحظة أنوارها الساطعة. كما أن المسار الدقيق للدم خلال أوردة أحد الأحصنة يختلف عند حصان آخر، أو لإنسان معين. ولم يتمكن أحد من إنتاج عينة نقية من الحديد رغم كونه معروفاً كعنصر.

أوضح بيرسون أن تلك الظواهر الملحوظة ليست إلا مجرد انعكاسات عشوائية، وما كان حقيقياً هو التوزيع الاحتمالي. فليست «الأشياء» الحقيقية في العلوم هي تلك التي نستطيع ملاحظتها أوْ إمساكها، بل إنها الوظائف الرياضية التي تصف عشوائية ما يمكننا ملاحظته. فما ينبغي أن نقرره في التحريات

العلمية هي متغيرات التوزيع الأربعة. لن نتمكن أبداً تقرير هذه المتغيرات الأربعة، لكننا نستطيع أن نقدرها من البيانات.

فشل بيرسون في إدراك هذا الفرق الأخير، فقد كان يظن انه إذا قمنا بجمع بيانات كافية فإن تقدير المتغيرات سيزودنا بقيم هذه المتغيرات الحقيقية. أوضح منافس بيرسون، الشاب رونالد فيشر Ronald Fisher، أن كثيرا من أساليبه في التقدير لم تكن متقنة. وفي نهاية الثلاثينيات وباقتراب نهاية حياة كارل، أظهر الرياضي البولندي اللامع جرزي نيمان Jerzy Neyman، أن نظام بيرسون في التوزيع الانحرافي، لم يغطِّ كل نماذج التوزيع المحتملة، وأن نظامه غير قادر على إيجاد حلول لكثير من المسائل المهمة.

فلندع كارل بيرسون، العجوز المنبوذ في سنة 1934 ولنعد إلى من كان نشيطاً في نهاية الثلاثين من عمره والممتلئ حيوية لاكتشافه التوزيع الانحرافي. لقد استولى في سنة 1897 على مختبر غالتون البيومتري في لندن، وجمع حشداً من الشابات (يُدعوَن «بالحاسبات»)، لحساب متغيرات التوزيع المصاحبة للبيانات التي قام غالتون بجمعها على المقاييس البشرية. وبدخول القرن الجديد، جمع غالتون وبيرسون ورافاييل ويلدون Raphael Weldon، جهودهم لإنشاء مجلة علمية تقوم بتطبيق أفكار بيرسون على البيانات الحيوية. استخدم غالتون ثروته لإنشاء صندوق يدعم هذه المجلة الجديدة. أوضح المحررون خطتهم الطموحة في الطبعة الأولى.

خطة البيومتريكا

كان غالتون، وبيرسون،وويلدون من طاقم العلماء البريطانيين المتحمسين، الذين توغلوا في مفاهيم أحد أعضائهم البارزين وهو تشارلز داروين Charles Darwin. تنص نظريات داروين في تطور الكائنات، أن أشكال الحياة تتغير استجابة لضغوط البيئة. فاقترح أن تغيير البيئات يعطي فرصة بسيطة لتلك التغيرات العشوائية، التي تتلاءم بشكل أفضل مع البيئة الجديدة. فباستمرارية التغيّر البيئي وباستمرارية تحوّل أشكال الحياة عشوائياً، تنشأ تدريجياً نوعيات جديدة من الكائنات أكثر تلاؤماً في العيش والتكاثر في البيئة الجديدة. سُمّيت هذه الفكرة اختصاراً بـ «البقاء للأقوى». كان لها أثر سيئ على المجتمع عندما كيفها السياسيون المتعرجون مع الحياة الاجتماعية، مصرحين أن كل من خرج منتصراً على الأغنياء في الحرب الاقتصادية، كان أكثر ملاءمة من الذين غاصوا في الفقر، وأصبحت فكرة البقاء للأقوى مبرراً للرأسمالية المنحدرة، تعطي الأغنياء السلطة الأدبية لإهمال الفقراء.

لكن أفكار داروين بدت وكأن لها مصداقية كبرى في العلوم البيولوجية. استطاع داروين أن يشير إلى أوجه الشبه بين الكائنات ذات الصلة ببعضها، وكأنها ترمز إلى كائنات سابقة قد خرجت منها تلك الجديدة. أوضح داروين كيف أن الطيور.

الصغيرة ذات الاختلاف البسيط، والتي تعيش في جزر نائية، لها طبيعة تشريحية متشابهة، وأشار إلى وجه الشبه بين أجنة الكائنات المختلفة، إضافة إلى جنين الإنسان الذي يبدأ بظهور الذيل.

إن الشيء الوحيد الذي لم يستطع داروين توضيحه، هو مثال لنوعية كائن جديد نشأ خلال تاريخ البشرية. لقد زعم داروين أن الكائنات الجديدة تنشأ بسبب بقاء الأقوى، لكنه لم يبرهن مزاعمه. كل ما كان عليه عرضه هو كائن متطور «يتلاءم» جيدا مع بيئته. اتضح أن فرضيات داروين تلائم ما كان معروفاً وكانت مبنية منطقياً، لكن وكما تقول حكمة يهودية قديمة فإن «النموذج ليس ببرهان».

قام بيرسون وغالتون وويلدون بتصحيح هذه الفكرة في مجلتهم. فمن وجهة نظر بيرسون للحقيقة، أنها هي التوزيع الاحتمالي، لم تكن عصافير داروين (وهي مثال هام استخدمه في كتابه) مادة علمية للبحث، بل كان التوزيع العشوائي لصنف ما من العصافير هو مادة البحث. فإذا قمنا بقياس أطوال مناقير كل عصافير صنف ما، سيكون لمُعامل توزيع أطوال المناقير، المتغيرات الأربعة الخاصة بها، وبالتالي فإن هذه المتغيرات الأربعة تمثل أطوال المناقير لهذا الصنف.

يقول بيرسون، لنفترض أن هناك قوة بيئية تغير نوع كائنات ما، بتزويد بعض مورثاتها عشوائياً أساليب بقاء متميزة. قد لا

نتمكن من العيش طويلاً لنرى نشوء نوعية كائنات جديدة، ولكننا قد نتمكن من ملاحظة تغيير في متغيرات التوزيع الأربعة. صرح المحررون الثلاثة في الطبعة الأولى، أن مجلتهم ستقوم بجمع البيانات من جميع أنحاء العالم ثم تحدد متغيرات التوزيع، آملين أن يُظهروا نماذج تحوّل المتغيرات متماشية مع التغير البيئي.

قاموا بتسمية مجلتهم بيومتريكا، التي تم تمويلها بسخاء من قبل صندوق بيومتريكا الذي أنشأه غالتون. صرف عليها أموالاً طائلة فكانت أول مجلة تنشر صوراً ملونة ومطويات رسومات معقدة مطبوعة على ورق فاخر، واشتملت على معادلات رياضية معقدة، حتى لو احتاجت طباعتها إلى تنضيد معقد باهظ الثمن.

أصدرت بيومتريكا خلال خمس وعشرين سنة بيانات من مراسلين توغلوا في غابات أفريقية، لقياس القصبة الصغرى والكبرى للسكان الأصليين، ولقياس أطوال مناقير الطيور الاستوائية الغريبة في غابات أمريكا الوسطى، وأغاروا على القبور القديمة لاكتشاف الجماجم البشرية وتفريغها لقياس سعتها. وفي سنة 1910، أصدرت المجلة مجموعة صور ملونة لأعضاء ذكرية مترهلة لأقزام ممددة على سطح مستوٍ بجوار عصى القياس.

وفي سنة 1921، قامت جوليا بيل Julia Bell وهي إحدى المراسلات الشابات بوصف المشاكل التي تعرضت لها أثناء

محاولتها أخذ مقاييس بشرية لأفراد الجيش الألباني. غادرت فيينا متجهة إلى نقطة حدود نائية في ألبانيا ظانة أنها ستجد مسؤولين يتكلمون اللغة الألمانية ليساعدوها. وعندما وصلت لم يكن هناك إلا شاويش واحد لا يعرف إلا ثلاث كلمات ألمانية. لم يثن ذلك عزيمتها بل أخرجت عصا القياس البرونزية، وأفهمت الشباب مقصدها بدغدغتهم حتى رفعوا أيديهم أو أرجلهم كما أرادت.

قام بيرسون ومحاسبوه بتقدير المتغيرات الأربعة في التوزيع لكل مجموعة من البيانات المعطاة. تمثل المقالات بيانياً أفضل توزيع ملائم وبعض الملاحظات عن كيفية اختلاف هذا التوزيع عن توزيع آخر ذي ببيانات ذات صلة أخرى. وبرؤيا رجعية، سنجد صعوبة في فهم كيفية مساهمة تلك النشاطات لتأكيد نظريات داروين، تولد لدي انطباع بعد قراءة عدة طبعات من البيومتريكا أنها أصبحت مجهوداً لذاتها من غير هدف حقيقي، اللهم إلا لتقدير متغيرات مجموعة من البيانات.

حوت المجلة مقالات أخرى يتعلق بعضها بالرياضيات النظرية التي تتعامل مع مسائل نبعت من تطوير التوزيع الاحتمالي. فعلى سبيل المثال وفي سنة 1908، نشر كاتب غير معروف تحت اسم زائف «طالب» نتائج كان لها دور في معظم الأعمال العلمية الحديثة، وهي تجربة ت لـ «طالب». سنلتقي مع هذا الكاتب المجهول في الفصول المقبلة ونبحث في دوره غير المحظوظ في التسوية بين كارل بيرسون ورونالد فيشر.

توفي غالتون في سنة 1911، وتوفي ويلدون قبل ذلك في حادث تزحلق في جبال الألب، وبهذا أصبح بيرسون هو المحرر الوحيد للبيومتريكا والمنفق الوحيد من صندوقها. أصبحت للسنوات العشرين المقبلة مجلته الخاصة تنشر ما كان يراه مهماً مستبعداً ما لم يره كذلك. كانت مليئة بمقالاته التي أطلق فيها لخياله الخصب ليحوم حول مواضيع عدة. أظهر تجديد الكنيسة الإيرلندية القديمة، عظاماً موجودة في الجدران، فاستخدم بيرسون أساليب رياضية معقدة ومقاييس مأخوذة من هذه العظام، لتحديد ما إذا كانت هذه العظام تخص في الواقع قديساً معيناً في القرون الوسطى. وجدت جمجمة اعتقد أنها جمجمة أوليفر كرومويل Oliver Cromwell. قام بيرسون ببحث ذلك في مقالته الرائعة التي وصفت القدر المعروف لجثة كرومويل، ومن ثم قارن المقاسات من صور رسمت له بمقاسات مأخوذة من جمجمته[2]. وفي مقالات أخرى درس

(2) بعد إحياء الملكية، التي تبعت دكتاتورية كرومويل، اتفق طرفا الحرب الأهلية في بريطانيا أن الحكام الجدد لا يستطيعون إعدام أتباع كرومويل الأحياء. لكن اتفاقهم غفل عن ذكر الأموات، لذلك نُبِش جثمان كرومويل واثنين من القضاة الذين أصدروا حكم الإعدام لتشارلز الأول Charles I لمحاكمتهم بجريمة قتل الملك. تمت إدانتهم وقطعت رؤوسهم ثم وضعت على رماح في ويست مينيستر آبي Westminster Abbey. بقيت هذه الرؤوس الثلاثة في مكانها لسنوات ثم اختفت. ظهر أحد هذه الرؤوس والذي يُعتقد أنه لكرومويل في «متحف» بلندن، وهو الرأس الذي فحصه بيرسون، وأكد في النهاية أنه فعلا يخص أوليفر كرومويل.

بيرسون طول مدة حكم الملوك، وانهيار النبلاء في العهد الروماني القديم، غزا العلوم الاجتماعية والسياسية وعلم النبات بتمويه رياضي معقد.

نشر بيرسون قبل موته بقليل مقالة قصيرة بعنوان «علاقات اليهود بالأمميين». قام خلالها بتحليل بيانات مقاييس أجسام اليهود مع الأمميين في مختلف أنحاء العالم. فتوصل إلى النظريات العرقية للقومية الاشتراكية، وهي المسمى الرسمي للنازيين، كان مجرد هراء، وأنه لا وجود لعرق يهودي أو حتى عرق آري. اتفقت هذه الورقة الأخيرة مع أسلوبه الواضح المنطقي المبرهن والمتبع في أعماله السابقة.

استخدم بيرسون الرياضيات للكشف عن عدة جوانب من الفكر البشري يعتبرها قليلون أموراً من صميم العلوم. وبقراءة افتتاحياته في مجلة البيومتريكا تجد رجلا له سلسلة من الاهتمامات العلمية، وقدرة في الوصول إلى قلب المسألة وإيجاد نموذج رياضي لمواجهتها. ومن خلال قراءة افتتاحياته تجد رجلاً قوي الإرادة، متشبثاً برأيه، يرى في أتباعه وطلابه امتداداً لرغباته. أعتقد أنني كنت سأستمتع بقضاء يوم مع كارل بيرسون بشرط أن لا أخالفه الرأي.

هل أثبتوا صحة نظرية داروين في التطوير من خلال البقاء للأقوى؟ ربما. أوضحوا من خلال مقارنتهم لتوزيع سعة الجماجم في المقابر القديمة بتلك الجماجم الحديثة من الرجال والنساء، أن الصنف البشري ثابت بشكل ظاهر ولآلاف السنين.

فأبطلوا حجج بعض الأستراليين بأن البدائيين ليسوا بشراً، وذلك بتوضيح أن المقاييس الجسمية للبدائيين لها نفس توزيع المقاييس المأخوذ من الأوروبيين. وبهذا العمل، طوَّر بيرسون أداة أساسية في الإحصاء عرفت «باختبار جودة القوة»، وهي أداة لا غنى عنها في العلوم الحديثة، إذ تساعد العلماء على تحديد ما إذا كانت مجموعة من الملاحظات ملائمة لمُعامل توزيع رياضي. سوف نرى في الفصل العاشر كيف استخدم ابن بيرسون اختبار جودة القوة لتثبيط كثير من إنجازات والده.

ازداد عدد مقالات البيومتريكا بتقدم القرن العشرين التي تعرضت للمسائل النظرية في الإحصاء الرياضي، وقليل منها تعرض لتوزيع بيانات معينة. واكتمل الانتقال إلى الرياضيات النظرية عندما تولى إيغون بيرسون Egon Pearson ابن كارل بيرسون تحرير المجلة. تعتبر البيومتريكا المجلة الرائدة في هذا المجال في يومنا هذا.

لكن هل أثبتوا أن البقاء للأقوى؟ إن أقرب ما توصلوا إليه في ذلك، كان في أوائل القرن العشرين. تخيّل رافاييل ويلدون وجود تجربة عظيمة. سبب تطور مصانع القدور الصينية في جنوب إنجلترا في القرن الثامن عشر، امتلاء بعض الأنهر بالطمي، فتأثرت موانئ بلايموث Plymouth و دارتموث Dartmouth، بأن أصبحت المناطق الداخلية أكثر تأثراً بالطمي من تلك القريبة من البحر. أخذ ويلدون مئات السلاطعين من الموانئ، ووضعها في أوعية زجاجية. استخدم في نصف تلك

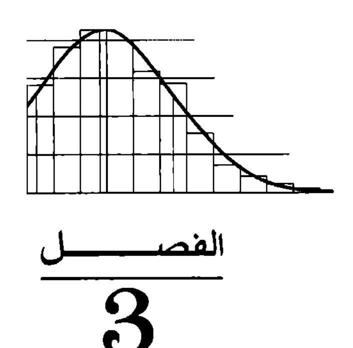
الأوعية ماءً ممزوجاً بالطمي مأخوذاً من داخل الموانئ، واستخدم في النصف الآخر ماءً نقياً مأخوذاً من خارج الموانئ. ثم قام بقياس دروع السلاطعين التي بقيت حية بعد مضي فترة من الزمن وحدد متغيرات توزيعيّ السلاطعين: التي بقيت حية في المياه النقية والتي بقيت حية في المياه المختلطة بالطمي.

أبدت السلاطعين التي عاشت في أوعية الطمي تغيراً في متغيرات التوزيع كما توقع داروين! ولكن هل يثبت هذا صحة نظريات التطور؟ توفي ويلدون لسوء الحظ قبل أن يدون نتائج تجربته. قام بيرسون بوصف التجربة ونتائجها بتحليل تمهيدي للبيانات، ولكن لم يُجرَ التحليل النهائي أبداً. طلبت الحكومة البريطانية التي موّلت التجربة تقريراً نهائياً. لم يصدر التقرير النهائي أبداً. توفي ويلدون وبموته انتهت التجربة.

اتضح وبمرور الأيام أن نظريات داروين لها جانب من الصحة، مع نوعية الكائنات قصيرة العمر كالبكتيريا وحشرات الفاكهة. استطاع العلماء باستخدام هذه الكائنات من إجراء تجاربهم على آلاف الأجيال وفي فترة زمنية قصيرة. إن البحوث الحديثة في الأحماض النووية أو الـ دي.إن.إي DNA، وهي أسس الصفات الوراثية، زودتنا بدلائل قوية توضح العلاقات بين الكائنات. إذا افترضنا أن معدل التغير في المورثات كان ثابتاً خلال ملايين السنين الماضية، فإنه يمكن استخدام دراسات الـ دي.إن.إي لتقدير الإطار الزمني لنشأة نوعيات من الثدييات البدائية وغيرها من الثدييات. إنها تستغرق على أقل تقدير مئات

آلاف السنين. لذا فإن معظم العلماء الآن يتقبلون صحة آلية نظرية داروين للتطوير، إذ لم تظهر آلية نظرية أخرى توافق جميع البيانات المعروفة بهذا الشكل الجيد. لقد اكتفى العلم بذلك، وسقطت فكرة احتياج المرء إلى تحديد التبديل في متغيرات التوزيع لإثبات التطوير.

ولم يبق من الثورة البيرسونية إلا فكرة أن «الأشياء» في العلوم تعتمد على معامل التوزيع الرياضي، الذي يصف الاحتمالات المصاحبة للمشاهدة، ولا يعتمد على المشاهدة فقط. تستخدم البحوث الطبية الآن نماذج رياضية دقيقة في التوزيع، لتقدير الأثر المتوقع من المعالجة على المدى الطويل. ويستخدم علماء الاجتماع والاقتصاد التوزيع الرياضي لوصف سلوك المجتمعات البشرية. يستخدم الفيزيائيون التوزيع الرياضي لوصف الذرات الصغيرة جداً، وذلك باتباع ميكانيكية الكم. لم تنجُ جوانب العلم كلها من هذه الثورة. يدعي بعض العلماء أن استخدام التوزيع الاحتمالي هو بديل مؤقت، وسنتمكن بمرور الأيام من إيجاد طريقة للعودة إلى حتمية القرن التاسع عشر في العلوم. والقول المأثور لآينشتاين Einstein أنه لا يعتقد أن الإله يلعب النرد مع الكون هو مثال لهذه الرؤيا. يعتقد آخرون أن الطبيعة هي في الأساس عشوائية والحقيقة الوحيدة تكمن في معامل التوزيع. وبغض النظر عن فلسفة كل شخص، تبقى الحقيقة واضحة أن أفكار بيرسون عن معامل التوزيع والمتغيرات، سيطرت على علوم القرن العشرين لتقف منتصرة على عتبة القرن الحادي والعشرين.



الفصل

3

ذاك العزيز السيد غوسيت

لقد بدأت تلك الشركة العريقة القديرة، شركة غينيس للتخمير في دبلن، إيرلندا، Guinness Brewing company of Dublin Ireland بالاستثمار في العلوم مع بداية القرن العشرين. لقد ورث الشاب السيد غينيس المؤسسة وقرر أن يدخل التقنية العلمية في العمل بتوظيف خرّيجي قسم الكيمياء المتفوقين من جامعات أوكسفورد وكامبريدج. عيّن في سنة 1899 ويليام سيلي غوسيت William Sealy Gosset، الذي تخرج تواً من جامعة أوكسفورد وعمره ثلاث وعشرون سنة بتخصص مزدوج في الكيمياء والرياضيات. كانت خلفية غوسيت في الرياضيات تقليدية لعصره، تتضمن الإحصاء، معادلات التفاضل والتكامل، وعلم الفضاء

وجوانب أخرى من علوم آلية الكون. لم تدخل ابتكارات كارل بيرسون وبداية ظهور ما عرف بميكانيكية الكم منهج الجامعة بعد. لقد تم تعيين غوسيت لخبرته في الكيمياء، فما هي الفائدة من تعيين عالم رياضيات؟

اتضح أن غوسيت كان استثماراً جيداً لغينيس، فقد أثبت أنه مدير ناجح، ورُقّي ليصبح كبير مسؤولي عمليات لندن الكبرى بأكملها. لقد كان في الواقع أول خبير رياضيّ يساهم بإنجازاته في فن تخمير البيرة. علماً أنه وقبل عدة سنوات، كانت شركة الهاتف الدانمركية من أولى الشركات التي استخدمت خبير رياضيات، إذ كان لديها مشكلة رياضية واضحة: وهي معرفة الحجم المناسب للوحة مفاتيح مقسم الهاتف. فأين تكمن الحاجة لحل مشكلة رياضية في مصنع للبيرة؟

تعاملت مقالة غوسيت الأولى التي نشرت سنة 1904 مع مثل هذه المشكلة، إذ يتم استخدام كميات معينة من الخميرة بمكيال دقيق عند تحضير مزيج الحنطة والنخالة للتخمير. إن الخمائر كائنات حية تتم زراعتها وتحفظ حية حتى تتكاثر في أوعية مليئة بالسائل قبل وضعها في المزيج. فيجب على العاملين قياس كمية الخميرة الموجودة في الوعاء المستعمل ليتمكنوا من معرفة كمية السائل اللازمة للاستعمال. كانوا يأخذون عينة من السائل ويفحصونها تحت المجهر، ثم يقومون بعد خلايا الخميرة التي يرونها. ترى ما دقة هذا القياس؟ من

المهم أن نعرف ذلك لأنه يجب ضبط كمية الخميرة المستخدمة في المزيج. فالقليل منها لا يؤدي إلى التخمير التام، بينما الكثير منها يؤدي إلى بيرة ذات مرارة.

فلنلاحظ موازاة ذلك لاتجاه بيرسون العلمي. كان مطلوباً قياس عدد خلايا الخميرة في العينة، ولكن حقيقة «الشيء» التي نبحث عنه هو مقدار تركيز خلايا التخمير في الوعاء بأكمله. وبما أن الخمائر مخلوقات حية، وأن الخلايا في تكاثر وانقسام مستمرين، فإن هذا «الشيء» الذي نبحث عنه لم يكن موجوداً أصلاً. فما كان موجوداً هو التوزيع الاحتمالي لخلايا الخميرة في كل وحدة حجم. قام غوسيت بفحص البيانات وقرر إمكانية تمثيل عدد خلايا الخميرة، حسب التصنيف الاحتمالي والمعروف بـ « توزيع بواسون»[1]. ولم يكن هذا من عائلة بيرسون في التوزيع الانحرافي، بل كان في الحقيقة توزيعاً غريباً ذا متغير واحد (بدلاً من أربعة).

تمكن غوسيت، باعتبار أن عدد خلايا الخميرة الحية في العينة يتبع تصنيف بواسون، من استنباط قوانين ونظريات للقياس أدت إلى تقييم أكثر دقة لتركيز خلايا الخميرة. تمكنت غينيس بالتالي من إنتاج منتج أكثر ثباتاً متبعة نظريات غوسيت.

(1) مجاراةً لقانون ستيغلر الميزونومي، فقد تمت تسمية التوزيع البواسوني على اسم عالم رياضيات القرنين الثامن والتاسع عشر سيميون دينيس بواسون Simeon Denis Poisson، ولكن أحد أفراد عائلة البيرنوللي ذكر هذا التوزيع قبل بواسون الذي سمي باسمه.

ولادة «طالب»

رغب غوسيت بنشر نتائجه في مجلة ملائمة. لقد عُرف التوزيع البواسوني (أو معادلته) منذ نحو مئة سنة، وجرت عدة محاولات في الماضي لإيجاد أمثلة له من الحياة. إحدى تلك المحاولات كانت بعدّ أفراد جنود الجيش البروسي الذين ماتوا من ركلات الأحصنة. كان لدى غوسيت مثال واضح لفكرة التصنيف الإحصائي الجديدة في عدد خلايا الخميرة إضافة إلى التطبيقات الهامة. ولكن نشر مقالات الموظفين كان ضد سياسة الشركة، إذ قام قبل عدة سنوات خبير التخمير الرئيسي في غينيس بكتابة مقالة، كشف فيها سر تركيبة إحدى مراحل إنتاجهم، فقامت غينيس بمنع موظفيها من النشر حفاظاً على ممتلكات الشركة الخاصة.

تصادق غوسيت مع كارل بيرسون، أحد محرري مجلة بيومتريكا في ذلك الوقت، وأعجب بيرسون بقدرة غوسيت الهائلة في الرياضيات. أقنع غوسيت في سنة 1906 رؤساءه بأهمية الأفكار الرياضية الجديدة لشركة إنتاج البيرة فطلب إجازة لمدة سنة، يدرس خلالها تحت إشراف بيرسون في مختبر غالتون البيومتري. وقبل ذلك بسنتين، وعندما وصف غوسيت نتائج تجاربه مع الخميرة، تشوق بيرسون لنشرها في مجلته، فقررا نشر المقالة باسم مستعار. نشر الاكتشاف الأول لغوسيت باسم كاتب عرف بـ «طالب».

كتب «طالب» خلال السنوات الثلاثين التالية سلسلة من

المقالات الهامة ظهر معظمها في البيومتريكا. اكتشفت يوماً عائلة غينيس أن «عزيزهم السيد غوسيت» كان يكتب وينشر سراً مقالات علمية مخالفاً بذلك سياسة الشركة. أجرى «طالب» معظم أنشطته الرياضية في المنزل خارج ساعات العمل المعتادة، ويوضح تقدمه في الشركة أنه لم يُسَأ إليها أو يُتَهاون في خدمتها بسبب أعمال غوسيت الإضافية. هناك قصة مشكوك في صحتها، وهي أن أول ما اكتشفت عائلة غينيس ما كان يقوم به غوسيت، كان بعد موته المفاجئ بسكتة قلبية في سنة 1937 عندما طلب زملاؤه الرياضيون من الشركة، المساعدة في دفع تكاليف طباعة مقالاته في مجموعة منفردة. وبغض النظر عن صحة هذا أو عدمها، فقد كان واضحاً من مذكرات الإحصائي الأمريكي هارولد هوتيللينغ Harold Hotelling، الذي أراد التحدث مع «طالب» في أواخر الثلاثينات، أن ثمة إجراءات تجري لترتيب لقاءات سرية بينهما لها طابع الجاسوسية الغامضة. يدل هذا على أن هوية «طالب» الحقيقية لم تكن بعد معروفة لشركة غينيس. أما مقالات «طالب» في البيومتريكا فقد ظلت في حدود النظرية والتطبيق، لأن غوسيت انتقل من المسائل العملية إلى المعادلات الرياضية الصعبة، ومن ثم عاد إلى الحقائق العملية وحلولها التي سيتبعها الآخرون.

غوسيت لم يحب الشهرة رغم كل إنجازاته. نجد مراراً في رسائله تعابير مثل «إن أبحاثي الخاصة (لا تعطي) إلا فكرة تقريبية للأمور...»، أو اعتراض بأنه أعطي تقديراً أكثر مما

يستحق على اكتشاف قام به عندما «استنبط فيشر فعلاً الرياضيات بأكملها. . .»، لكن ذكرى غوسيت تظل ذاك الزميل المعروف بطيبته وإنسانيته، وكان حساساً لمشاكل الآخرين العاطفية. توفي عن عمر لا يتجاوز الإحدى والستين، تاركاً زوجته مارجوري Marjory (التي كانت رياضية لامعة وقائدة فريق هوكي السيدات الإنجليزي)، وابناً واحداً وابنتين وحفيداً. كما أن والديه كانا على قيد الحياة عند موته.

اختبار ت لـ «الطالب»

إن كل العلماء مدينون لغوسيت على الأقل من أجل مقالة صغيرة، بعنوان «الخطأ المحتمل للوسط»، التي ظهرت في البيومتريكا سنة 1908. لقد أشار رونالد آيلمر فيشر Ronald Aylmer Fisher إلى الانطباعات العامة لهذه المقالة المميزة. أما بالنسبة لغوسيت، فقد كانت توجد مسألة محددة تحتاج إلى حل، والتي حاول فيها جاهداً في جلساته المسائية بمنزله بصبر ودقة عُرِف بهما. كان يقوم كلما اكتشف حلاً ما باختباره مع بيانات أخرى، ثم يعيد فحص النتائج مراراً، محاولاً أن يكتشف ما إذا كان قد فاتته خلافات أساسية، واضعاً في الاعتبار كل الافتراضات الممكن أخذها، ومن ثم يحسب نتائجه ثانية. لقد توقع تكنولوجية الكمبيوتر مونتي كارلو Monte Carlo الحديثة، والذي شبّه فيه نموذج رياضي عدة مرات ليحدد التوزيع الاحتمالي المصاحب له، علماً أنه لم يكن لديه كمبيوتر. كان يضيف الأرقام بكل جهد ومثابرة ثم يقوم بأخذ معدل مئات

التجارب مدوناً التواتر الناتج بيانياً، قام بكل ذلك يدوياً.

تعاملت التجربة المعينة التي شرع بها غوسيت بالعينات الصغيرة. قام كارل بيرسون بحساب المتغيرات الأربعة لتوزيع ما بجمع مئات المقاييس من توزيع واحد، وافترض صحة التقييم الناتج للمتغيرات لكثرة عدد العينات التي استعملها. ولكن فيشر أثبت خطأه. يرى غوسيت بخبرته أنه نادراً ما يكون للعلماء سهولة الوصول لعينات كثيرة، بل إن السائد هو تجارب من عشر إلى عشرين عينة، واعتبر ذلك أمراً شائعاً في كل العلوم. كتب في إحدى رسائله إلى بيرسون: «إذا كنت أنا الرجل الوحيد الذي تعرف أنه استخدم عينات قليلة، فإنك رجل فريد. فإنني ومن هذا الموضوع بدأت بالتعامل مع ستراتون Stratton (زميل في جامعة كامبردج الذي)... مثّل تجربته بأربع عينات!».

افترض بيرسون في كل أعماله أن عينة البيانات كانت كبيرة لدرجة إمكانية تحديد المتغيرات بدون أخطاء. تساءل غوسيت ماذا يحدث إذا كانت العينة صغيرة؟ كيف يمكن أن نتعامل مع الخطأ العشوائي الذي لا بد أن يجد طريقه في حساباتنا؟

جلس غوسيت مساء إلى طاولة المطبخ وأخذ مجموعات صغيرة من الأرقام، فقام بإيجاد المعدل والانحراف القياسي، قاسماً واحداً على الآخر، ثم مثّل النتائج بيانياً. أوجد بعدها المتغيرات الأربعة المرتبطة بهذه النسبة، وقارنها بأحد أفراد مجموعة بيرسون للتوزيع الانحرافي. ويكمن اكتشافه العظيم

بعدم ضرورة معرفة القيم الحقيقية لكل المتغيرات الأربعة للتوزيع الأصلي، فَلِنَسب القيم المقدرة للمتغيّرين الأوّلَين توزيع احتمالي يمكن جدولته. إن منشأ البيانات ليس مهماً ولا ماهية القيمة الحقيقية للانحراف القياسي. وبأخذ نسبة هاتين العيّنتين المقدّرتين نتوصّل إلى توزيع معروف.

أشار فريدريك موستيللر Frederick Mosteller وجون تاكي John Tukey أن التحاليل الإحصائية من غير هذا الاكتشاف، تكون قد حكم عليها باستعمال أساليب تراجع لا نهاية لها. ومن غير اكتشاف ما أطلق عليه اختبار ت لـ «الطالب»[2]، فإن على المحلل تقدير المتغيرات الأربعة، ومن ثم تقدير المتغيرات الأربعة لتقدير المتغيرات الأربعة، ومن ثم تقدير المتغيرات الأربعة لكل واحدة على حدة، وهكذا مع عدم وجود أمل بالوصول إلى حساب نهائي. أوضح غوسيت أنه بإمكان المحلل التوقف عند الخطوة الأولى.

اتبع غوسيت في عمله فرضية أساسية. لقد افترض أن لمجموعة القياسات الأولى توزيعاً عادياً. وبعد سنوات، وباستعمال العلماء لاختبار ت لـ «الطالب» آمن كثيرون بعدم

(2) وهذا مثال على ما يمكن اعتباره نتيجة طبيعية لقانون ستيغلر الميزونومي. لقد استعمل غوسيت الحرف «ز» ليشير إلى هذه النسبة. وبعد عدة سنوات، اعتاد مؤلفو الكتب المدرسية استعمال الحرف «ز» للرمز إلى المتغيرات متوسطة التوزيع، وبدأوا باستعمال الحرف «ت» لنسبة «طالب».

الحاجة لهذه الفرضية. لقد وجدوا مراراً أن اختبار ت لـ «طالب» له نفس التوزيع، بغض النظر في ما إذا تم توزيع القياسات الأولى بالتساوي أم لا، أثبت برادلي إفرون Bradley Efron من جامعة ستانفورد Stanford صحة هذا الأمر سنة 1967، أو بالأحرى وجد أن لا حاجة لشروط الفرضية العامة.

ومع تطور اختبار ت لـ «طالب» نكون خضنا في استعمال نظرية التوزيع الإحصائي المنتشرة في كل العلوم، والتي لها بعض المشاكل الفلسفية العميقة. وهذا استعمال لما أسموه «الاختبارات الفرضية»، أو «الاختبارات الدالّة.» وسوف نتوغل في ذلك في فصل مقبل. سنكتفي الآن بذكر أن «طالب» زودنا بوسيلة علمية بإمكان الجميع استعمالها، حتى لو لم تفهمها إلا القلة.

صار «العزيز السيد غوسيت» الرجل الوسيط بين عملاقين لدودين من العباقرة، كارل بيرسون ورونالد آيلمر فيشر، وحافظ على صداقة حميمة مع كليهما رغم شكواه لبيرسون أنه لا يستطيع فهم ما كتب له فيشر. لقد بدأت صداقته مع فيشر قبل أن يتخرج في جامعة كامبردج. قام مرشد[3] فيشر في مادة علم الفلك بتعريفهما ببعضهما سنة 1912، عندما تلقى فيشر درجة الرانغلر (وهي درجة الشرف العليا في الرياضيات) من كامبردج.

(3) من المألوف في الجامعات البريطانية مثل كامبردج أن يخصص أحد أعضاء التدريس لكل طالب ويدعى مرشد الطالب، الذي يوجهه لإتمام منهجه.

لقد كان يبحث في مسألة فلكية، ومن ثم كتب بحثاً أعاد فيه استكشاف نتائج «طالب» سنة 1908. كان واضحاً أن الشاب فيشر لم يسمع بعمل غوسيت السابق.

أطْلَع فيشر، غوسيت على بحثه الذي كان فيه خطأ صغير اكتشفه غوسيت. ووجد بانتظاره لدى عودته إلى منزله صفحتين مليئتين بتفاصيل رياضية من فيشر. لقد أعاد الشاب العمل الأصلي، وتوسع فيه وتعرف إلى خطأ قد ارتكبه غوسيت. كتب غوسيت إلى بيرسون رسالة قال فيها: «مرفقاً لك رسالة أُثبت فيها عل معادلتي لتوزيع التردد (لاختبار ت لـ «طالب»)... هل يمكنك الاطلاع عليها من أجلي إذ أنني لا أشعر بالراحة لوجود أكثر من ثلاثة أبعاد، مع إنني أستطيع تفهم غير ذلك.......» لقد استطاع فيشر إثبات نتائج غوسيت مستعملاً الهندسة متعددة الأبعاد.

أوضح غوسيت في الرسالة كيف ذهب إلى كامبردج ليلتقي بصديق، كان أستاذا لفيشر في كلية غونفيل وكيوس Gonville and Caius، وكيف تعرف إلى الطالب ذي السنوات الاثنتين وعشرين. يستمر قائلا: «ولقد قدم هذا الشاب فيشر بحثاً موضحاً فيه المعيار الجديد للاحتمالات» أو شيئاً مشابهاً لذلك. إنه متقن ولكن كما استخلصت، فإن رؤياه غير عملية ولا يمكن تطبيقها».

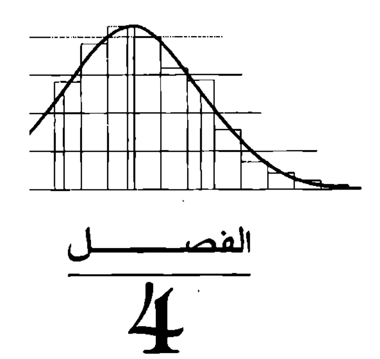
يكتب غوسيت بعد وصفه للمناقشة بينه وبين فيشر في جامعة كامبردج:

> لقد كان رده على ذلك بصفحتين من الورق الكبير مليئتين بالرياضيات العميقة والتي أثبت فيها (ثم أتبعها بمجموعة من المعادلات الرياضية)...... لم أستطع فهم ما كتبه وكتبت له قائلاً بأنني سوف أراجعها حالما أجد فرصة. لقد أخذتها فعلاً معي إلى البحيرات، ولكنني أضعتها!

وهو يرسل إلي اليوم هذا. يبدو لي أنه إذا كانت صحيحة، فقد ترى أن تثبتها في ملحوظة جانبية، فهي جيدة ورياضية لحد أنها قد تسترعي اهتمام الآخرين........

وهكذا كان ظهور أحد عظماء عباقرة القرن العشرين على الساحة. قام بيرسون بنشر ملحوظة الشاب في البيومتريكا. وبعد ثلاث سنوات، وبعد سلسلة من الرسائل المبتذلة بينهما، قام بيرسون بنشر بحثٍ آخر لفيشر بعدما تأكد من ظهوره كإضافة ثانوية لأعمال أحد مساعدي بيرسون. لم يسمح بيرسون بنشر بحث آخر لفيشر في مجلته. وجد فيشر أخطاءً كثيرة في إنجازات بيرسون التي كان يفتخر بها، بينما أشارت مقالات بيرسون في أعداد أخرى من البيومتريكا إلى أخطاء ارتكبها «السيد فيشر»، أو «أحد طلابه» في أبحاث ظهرت في مجلات أخرى. يعتبر كل هذا مادة قيمة في الفصل التالي. سوف يظهر غوسيت ثانية في بعض الفصول المقبلة. فهو كأستاذ عبقري، كان له أثر بالغ في تقديم الشباب والشابات لعالم التوزيع الإحصائي الجديد، ولكثير من طلابه ومساعديه

الفضل في تحقيق الإنجازات الرياضية الحديثة. وبالرغم، من احتجاجات غوسيت المتواضعة، إلا أنه حقق إنجازات طويلة المدى.



الفصل

4

تخطّي ركام التربة الصعبة

انتقل آيلمر فيشر وهو ابن تسع وعشرين سنة في ربيع 1919، مع زوجته وأولاده الثلاثة ونسيبته، للعيش في بيت مزرعة قديم قرب محطة روثامستد للتجارب الزراعية، شمال مدينة لندن. كان يُعتَبرُ فاشلاً في حياته على أصعدة كثيرة، فقد نشأ كطفل مريض وحيد يعاني من ضعف شديد في البصر، فمنعه أطباؤه من القراءة على النور الصناعي حماية لقصر نظر عينيه. أحب الرياضيات وعلم الفلك منذ صغره، ولم يبلغ السادسة من عمره حتى كان مولعاً بعلم الفلك. وصار يحضر في سن السابعة والثامنة محاضرات شهيرة للفلكي المرموق السير روبرت بول Sir Robert Ball.

تم قبول فيشر في مدرسة هارو Harrow الحكومية المعروفة[1]، تفوق فيها بمادة

(1) تتجاوز ظاهرة تزييف الأسماء =

الرياضيات. وبسبب عدم السماح له باستعمال النور الكهربائي، قام أستاذه في الرياضيات بتدريسه مساءً دون استعمال أقلام رصاص أو ورق، أو أي وسيلة تستدعي النظر فتولد لفيشر حس هندسي عميق نتيجة لذلك، مكّنه نفاذ بصيرته الهندسية في السنوات التالية من حل مسائل الرياضيات الإحصائية الصعبة. كان غالباً ما يصعب عليه إيضاح رؤياه للآخرين لشدة وضوحها له، فقد يقضي غيره من الرياضيين شهوراً وربما سنين محاولين إثبات أمر يراه فيشر في منتهى الوضوح.

قَدُم جامعة كامبردج سنة 1909، وارتقى سنة 1912 إلى مرتبة الرانغلر wrangler المرموقة التي لا يصلها طالب في كامبردج، إلا بعد مروره بسلسلة من اختبارات رياضيات صعبة، شفهية وتحريرية على السواء، وهو ما لا يحدث عادة إلا لطالب أو طالبين خلال سنة واحدة، بل إنه قد لا يحدث أبداً لأي طالب لبضع سنوات. نشر فيشر وهو ما يزال طالباً بحثه العلمي الأول، شرح فيه معادلات مكررة وصعبة عن طريق الهندسة الفراغية متعددة الأبعاد، تبدو في هذا البحث نظريات الحساب المعقدة ليومنا هذا، وكأنها استنتاجات سهلة بأسلوب الهندسة تلك. مكث سنة بعد التخرج لدراسة الإحصاء الميكانيكي ونظرية الكم. دخلت ثورة الإحصاء علم الفيزياء في سنة 1913

= Misonomy حدود الرياضيات. فتُدعى أهم ثانويات إنجلترا الخاصة كثانوية هارو، «مدارس عامة».

وهذان مجالان لابتكار أفكار جديدة بشكل واف لإنتاج منهجٍ معتمد.

كان عمل فيشر الأول في مكتب إحصائي لشركة استثمارية، والتي تركها فجأة ليعمل في مزرعة بكندا؛ التي تركها فجأة ليعود إلى إنجلترا مع بداية الحرب العالمية الأولى. منعه قصر نظره رغم أهليته لمنصب، من الخدمة في الجيش، فقضى سنوات الحرب يدرِّس الرياضيات في عدة مدارس حكومية، وكانت كل تجربة أسوأ من التي سبقتها، ولم يكن صبوراً مع التلاميذ الذين لم يدركوا ما كان واضحاً بمنظوره.

فيشر إزاء كارل بيرسون

كما ذكرنا في الفصل السابق فقد نُشرت لفيشر ملحوظة في البيومتريكا وهو ما يزال طالباً، ونتيجة لذلك التقى فيشر بكارل بيرسون الذي عرض عليه مسألة صعبة تتضمن تحديد التوزيع الإحصائي لمُعامل الربط لدى غالتون. فكر فيشر بالمسألة ووضعها في قالب هندسي، وبعد أسبوع وجد الإجابة التامة لها، فسلّمها لبيرسون كي ينشرها في البيومتريكا. لم يستطع بيرسون فهم ما فيها من رياضيات فأرسلها إلى وليام سيلي غوسيت William Sealy Gosset، الذي وجد صعوبة في فهمها كذلك. كان بيرسون يعرف كيف يستنتج حلولاً جزئية لبعض المسائل. كان يعمل بأسلوب الحساب الطويل، ويطلب ممن

يعمل معه في مختبره البيومتريكي حساب تلك الإجابات المحددة. فاتفقت كل نتائجهم بحلول فيشر العامة، ولكن بيرسون لم ينشر بحث فيشر، بل حثّ فيشر على إجراء التعديلات وتخفيف عمومية العمل. أبعد بيرسون فيشر لأكثر من سنة قام أثناءها مساعدوه (المحاسبون») بحساب جدول كبير وشامل من التوزيعات لقيم مختارة من المتغيرات. وقام أخيراً بنشر أعمال فيشر كحاشية لبحث كبير أوضح فيها بيرسون ومساعدوه تلك الجداول. فبدت حسابات فيشر الرياضية كما قد يراها القارئ العادي، مجرد ملحق للأعمال الحسابية الضخمة التي قام بها بيرسون ومساعدوه.

لم ينشر فيشر بحثاً آخر في البيومتريكا رغم كونها الرائدة في مجالها، بل ظهرت أبحاثه ولسنوات تالية في مجلة العلوم الزراعية Journal of Agricultural Science، والمجلة الفصلية لمجتمع الأرصاد الملكي The Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society، وفي فعاليات مجتمع إدينبيرغ الملكي Proceedings of the Royal Society of Edinburgh، وفي فعاليات مجتمع الأبحاث الفيزيائية Proceedings of the Society of Psychical Research، وكلها مجلات لا ارتباط لها بالأبحاث الرياضية، وإنما قصدها فيشر بسبب قيام بيرسون وزملائه بتجميد نشاطاته في مجالات الرياضيات والأبحاث الإحصائية، على حدّ قول بعض من عرف فيشر نفسه. وقال آخرون إن فيشر شعر بالرفض من تصرف بيرسون المتعجرف،

وبفشله في نشر بحث مشابه في مجلة المجتمع الملكي الإحصائي Journal of the Royal Statistical Society (وهي المجلة الأخرى المرموقة في هذا المجال)؛ استمر فيشر باللجوء إلى مجلات أخرى، وكان يدفع مالاً أحياناً للمجلات لتنشر أبحاثه.

فيشر الفاشي

إن لبعض أول أبحاث ر.آ.فيشر سمة رياضية واضحة. كان بحث مُعامل الربط، الذي نشره بيرسون أخيراً، مليئاً بالرموز الرياضية، فكانت المعادلات الرياضية تغطي أكثر من نصف الصفحة إلى صفحة كاملة، وكان يوجد أيضاً بعض الأوراق الخالية من المادة الرياضية كلياً. ناقش في إحداها أساليب نظرية داروين في التكيف العشوائي معللاً بناءها التشريحي الدقيق. وفي غيرها قام بمناقشة مبدأ تطور التفاضل الجنسي. انضم إلى حركة علم تحسين النسل، ونشر سنة 1917 افتتاحية في مجلة علم تحسين النسل Eugenics Review، داعياً فيها إلى سياسة قومية «تكمن في زيادة عدد المواليد من المهنيين والحرفيين المهرة» وعدم تشجيع زيادة مواليد ذوي الطبقات الدنيا. وكان يناقش في بحثه السياسات الحكومية في دعمها المالي للفقراء، تشجيعاً لهم للإنجاب ونقل جيناتهم للأجيال المقبلة، في الوقت الذي أدت اهتمامات الطبقة الوسطى للاستقرار الاقتصادي، إلى تأجيل فكرة الزواج وتحديد عدد الأسر. ونتيجة لذلك كان فيشر يخاف من اختيار جينات

«الفقراء» للأجيال المقبلة بإبعاد الجينات «الأمثل». يبلور التساؤل في علم تحديد النسل، وهي الحركة لتحسين مخزون الجين البشري عن طريق الانتقاء الوراثي، معظم أفكار فيشر السياسية، وأدى ذلك إلى اتهامه خلال الحرب العالمية الثانية بالفاشية، فأُبعدَ عن كل ما تعلق بالحرب.

تعارضت نظرة فيشر السياسية مع نظرة كارل بيرسون، الذي كان يميل إلى الاشتراكية والماركسية اللتين كانتا تتعاطفان مع المضطهدين، وتتحديان الطبقات «الأفضل» المحصنة. وفي الوقت الذي لم يكن لاتجاه بيرسون السياسي أثر بالغ على إنجازاته العلمية، كان اهتمام فيشر بعلم تحسين النسل يقوده إلى وضع قصارى جهده الرياضي في علم الجينات. تقدم فيشر ببراعة في عمله على عمل غريغور ميندل[2] Gregor Mendel، فبدأ (في ذاك الوقت) أفكاراً جديدة أنه يمكن عزو خصائص

(2) كان غريغور ميندل الناسك من وسط أوروبا (ولمزيد من تزييف التسمية فقد كان اسمه الحقيقي جوهان)، الذي نشر في سنة 1860 مجموعة من المقالات يصف فيها تجارب عن تنمية البازلاء. ولكن عمله كان مبهماً، لأنه لم يطابق النموذج العام لعلم النبات الذي تم نشره، والذي تم إعادة اكتشافه من قبل علماء الأحياء من جامعة كامبردج تحت ريادة وليام باتيسون William Bateson، والذي أنشأ قسماً لعلم الجينات في كامبردج.
ومن إحدى المناظرات التي اتضح أن كارل بيرسون استمتع بها كانت تتضمن ازدراءه لأعمال علماء الجينات أولئك، والذين قاموا بفحص تغيرات دقيقة، وفريدة من نوعها في الكائنات الحية، بينما كان بيرسون مهتماً بالتعديلات الكبيرة والمستمرة للمتغيرات كجزء من نظرية التطوير.
وفي أحد أوائل أبحاث فيشر تظهر إحدى معادلات بيرسون والمشتقة =

معينة في النبات أو الحيوان لجين منفرد، ويحدث هذا في إحدى تشكيلتين اثنتين فقط، موضحاً كيفية تقدير أثر الجينات المجاورة على بعضها البعض.

إن فكرة وجود جينات تتحكم في طبيعة الحياة، هو جزء من الثورة الإحصائية العامة في العلوم. قد نلاحظ بعض خصائص النباتات والحيوانات التي تدعى « النمط الظاهري»، ولكننا نسلّم بأن النمط الظاهري هو نتيجة تداخل الجينات مع غيرها، مما لها احتمالات مختلفة عن ذاك التداخل، فنسعى لوصف توزيع النمط الظاهري تبعاً لتلك الجينات غير المرئية. تعرّف علماء الأحياء في نهاية القرن العشرين على طبيعة هذه الجينات أنها أجزاء من الجزيئات الوراثية، وهي الأحماض النووية أو الـ دي إن إي DNA. نستطيع بقراءة هذه الجينات أن نقرر ما نوع البروتين الذي تطلب أن تصنعه الخلية، ونتكلم عنها كأنها أحداث حقيقية. ولكن كل ما نشاهده هو احتمالات مبعثرة، وتؤخذ هذه الأجزاء من الحمض النووي التي نسميها الجينات من هذه البعثرة.

يبحث هذا الكتاب في الثورة الإحصائية العامة التي يلعب

= من التغييرات الدقيقة والفريدة من نوعها لباتيسون. وكان تعليق بيرسون على ذلك بأن الأمر كان واضحاً وكان على فيشر أن يرسل ذلك البحث لباتيسون ليريه الحقيقة. وكان تعليق باتيمون أنه كان على فيشر أن يرسل البحث لبيرسون ليريه الحقيقة. وفي آخر الأمر، ساعد فيشر على تعيين باتيسون كرئيسٍ لقسم علم الوراثة في جامعة كامبردج.

فيها ر.آ. فيشر دوراً هاماً. كان فخوراً بإنجازاته كأخصائي علم الوراثة، وبحث في نحو نصف إصداراته حول التركيبات الوراثية. فلندع حالياً فيشر، أخصائي علم الوراثة، ولنتابع مع فيشر بمجال تطويره أفكار وتقنية الإحصاء بشكل عام. سنجد أصول هذه الأفكار في أبحاثه الأولى، والتي تطورت بشكل أفضل عندما كان يعمل في روثامستد في العشرينات وحتى أوائل الثلاثينات.

الأساليب الإحصائية للباحثين

بالرغم من إهمال المجتمع الرياضي له في ذاك الزمان، إلاّ أن فيشر نشر أبحاثاً وكتباً ذات أثر كبير في علماء الزراعة والأحياء. نشر سنة 1925 الطبعة الأولى من كتاب الأساليب الإحصائية للباحثين Statistical Methods of Research. ولقد صدر من هذا الكتاب أربع عشرة طبعة بالإنجليزية، وتُرجم إلى الفرنسية والألمانية والإيطالية واليابانية والإسبانية والروسية.

يُعَدّ كتاب الأساليب الإحصائية للباحثين، كسابقة لا مثيل لها في كتب الرياضيات. جرت العادة في كتب الرياضيات أن تحتوي على نظريات وبراهين لهذه النظريات، وتطور الأفكار النظرية ثم تعميمها، فتربطها بأفكار نظرية أخرى. ولو حوت مثل هذه الكتب تطبيقات عملية، فإنها لا تكون إلاّ بعد وصف العمليات الرياضية وإثبات صحتها. بينما يبدأ كتاب الأساليب الإحصائية للباحثين، بمناقشة كيفية إنشاء رسم بياني من أرقام

ومن ثم كيفية ترجمة هذا الرسم البياني. أول مثال لذلك يظهر في الصفحة الثالثة، إذ يستعرض فيه وزن طفل أسبوعياً للأسابيع الثلاثة عشر الأولى من ميلاده، وكان هذا الطفل هو جورج George ابن فيشر البكر، ويصف في الفصول اللاحقة كيفية تحليل البيانات واستخراج المعادلات، ثم عرض نماذج وتعليل نتائج هذه النماذج، فالانتقال إلى معادلات أخرى. لا يوجد بين هذه المعادلات ما اشتُقّ رياضياً، بل تظهر كلها من غير علل أو براهين. وغالباً ما تُقَدّم بتقنية تفصيلية موضحة طريقة تطبيقها على حاسب ميكانيكيي دون أي برهان.

وبالرغم، أو ربما بسبب نقصانه الجانب النظري الرياضي، تبنّى هذا الكتاب المجتمع العلمي، إذ كانت هناك حاجة ماسة له. كان بإمكان أي فني مخبري ذي خبرة قليلة في الرياضيات أن يستخدمه. وقَبِلَ العلماء الذين استخدموه آراء فيشر على أنها حقيقة، ونظر علماء الرياضيات بارتياب إلى الإفادات المتهورة وغير المثبتة، وتساءل كثيرون عن كيفية توصله لتلك الاستنتاجات.

قام خلال الحرب العالمية الثانية، العالم الرياضي السويدي هارالد كرامر Harald Cramer، الذي عزلته الحرب عن المجتمع العلمي الدولي، بقضاء أيام وأسابيع في مراجعة كتاب فيشر و أبحاثه المنشورة، محاولاً سدّ الثغرات المفقودة في البراهين غير الموجودة فيشتقها. قام كرامر سنة 1945 بإصدار كتاب بعنوان الأساليب الرياضية في الإحصاء Mathematical

Methods of Statistics، مضيفاً البراهين الضرورية لمعظم كتابات فيشر. اقتبس كرامر من فيض هذا العبقري الخصب، ومع هذا فإنه لم يرد ذكر كثير مما كتبه فيشر في كتابه. استُخدِم كتاب كرامر لتعليم جيل من الرياضيين والإحصائيين، واعتُمِدت ملاحظاته لأعمال فيشر كمثل يُتّبع. قام سنة 1970 ل.ج. سافاج L. J. Savage، من جامعة يل Yale University بالرجوع إلى أوراق فيشر الأساسية، واكتشف الكمّ الذي فوّت كرامر ذكره. لقد اندهش كيف توقّع فيشر أعمالاً قام بها آخرون بعده، وكيف وجد حلولاً لكثير من المسائل كان يُظنّ أن لا حلول لها في السبعينات.

كل ذلك كان في المستقبل سنة 1919، عندما ترك فيشر عمله الذي فشل فيه في مجال التعليم. لقد أنهى تواً عمله المميز إذ أوجد العلاقة بين مُعامل الربط لدى غالتون ونظرية الجينات الوراثية المنديلية Mendelian، لكن المجتمع الإحصائي الملكي رفض بحثه كما رفضه بيرسون في البيومتريكا. سمع فيشر أن المجتمع الملكي في إيدينبيرغ Royal Society of Edinburgh، يبحث عن أبحاث لنشرها في مجلة الترانزآكشن Transactions، ولكنهم يطلبون من المؤلفين أن يتحملوا أجور النشر. وهكذا، تحمل فيشر مصاريف نشر عمله الرياضي العظيم التالي في مجلة متواضعة.

عرض بيرسون في هذه الأثناء، والذي مازال معجباً بالشاب فيشر، عرض عليه منصب رئيس الإحصائيين في مختبر

غالتون البيومتري. كانت المراسلات بينهما ودية، ولكن بدا لفيشر قوة إرادة بيرسون وسيطرته. وعلم أنه وفي أحسن أحواله، سيكون رئيس الإحصائيين منشغلاً بتفاصيل حسابية يمليها عليه بيرسون.

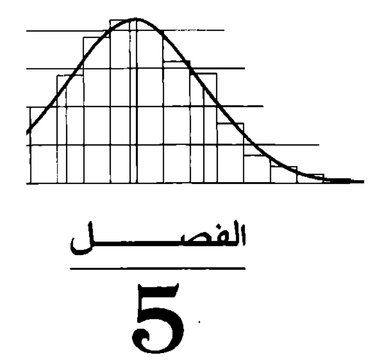
روثامستد والتجارب الزراعية

اتصل السيد جون راسل John Russel، رئيس محطة روثامستد للتجارب الزراعية بفيشر. لقد قام صانع سماد بريطانيٌ بإعداد المحطة في إحدى المزارع القديمة، التي كان يمتلكها أصحاب شركة السماد الأصليون. لم تكن التربة الطينية مناسبة لنمو أي شيء، ولكن المُلاّك اكتشفوا طريقة يخلطون فيها بين الحصى المجروش والحمض، لإنتاج ما يُعرف بسوبر فوسفيت. استُخدِمت أرباح إنتاج السوبر فوسفيت لإنشاء محطة تجارب يتم فيها تطوير السماد الكيماوي. وقامت المحطة بإجراء «تجارب» لمدة تسعين سنة، لتفحص عدة خلطات من الأملاح المعدنية، وعناصر مختلفة من القمح والشعير والبطاطس، مما أدى إلى تكوين مخزون بيانات هائل من سجلات يومية عن نزول الأمطار ودرجات الحرارة، وسجلات أسبوعية عن مزيج أسمدة مختلفة وعدة قياسات للتربة، وسجلات سنوية عن الحصاد، وحُفِظ ذلك كله في مذكرات مجلدة. لم تعط معظم هذه التجارب نتائج ثابتة، ولكن تم حفظ المذكرات في أرشيف المحطة.

نظر السيد جون إلى الكم الهائل من هذه البيانات، فقرر

استئجار من يمكنه النظر في هذه السجلات من ناحية إحصائية. دلّه بحثه على رونالد آيلمر فيشر، فعرض عليه راتباً سنوياً بألف جنيه؛ لم يستطع أن يعرض عليه أكثر من ذلك، ولم يستطع ضمان العمل له لأكثر من سنة واحدة.

قبل فيشر عرض راسل، واصطحب معه زوجته وأختها وأطفاله الثلاثة إلى ريف شمال لندن. استأجروا مزرعة بالقرب من محطة التجارب، أقامت فيها زوجته وأختها حديقة خضروات بينما كانتا ترعيان شؤون المنزل. إنتعل فيشر حذاءه الخاص ومشى عبر الحقول إلى محطة روثامستد للتجارب الزراعية، وإلى تسعين سنة من البيانات، ليعمل في ما أسماه لاحقاً «تخطّي ركام التربة الصعبة».



الفصل

5

«دراسات في تغيير المحصول»

قدم لي البروفيسور هيو سميث Hugh Smith، هدية في بداية عملي كإحصائي حيوي، أثناء إحدى زياراتي لجامعة كونيكتيكت Connecticut في ستورز Storrs لمناقشة بعض المشاكل. كانت هديته نسخة بحث بعنوان: «دراسات في تغيير المحصول. الجزء الثالث. أثر هطول الأمطار على محصول القمح في روثامستد». كان بحثاً من ثلاث وخمسين صفحة وهو الجزء الثالث من سلسلة مقالات رياضية مذهلة، ظهرت أولاها في مجلة العلوم الزراعية Journal of Agricultural Science، العدد الحادي عشر لسنة 1921. إن تفاوت المردود هو مصدر إزعاج لعلماء التجارب، ولكنه المادة الأساسية للنظريات الإحصائية. قلما نستخدم كلمة تغيير في المؤلفات العلمية الحديثة لأنها استبدلت بمصطلحات أخرى مثل «متغير»، والتي ترمز إلى

متغيرات معينة في التوزيع. إن كلمة تغيير هي كلمة مبهمة في الاستعمال العلمي العادي، ولكنها كانت مناسبة لاستعمالها في هذا البحث، إذ أن الكاتب يستخدم التغيير في نتاج الغلال نسبة لاختلاف السنوات أو الحقول كنقطة بداية لاشتقاق أساليب التحليل.

تجد في نهاية معظم الأبحاث العلمية قائمة طويلة من المراجع، تلقي الضوء على أبحاث سابقة تعرضت للمشاكل المطروحة. لدى «دراسات في تغيير المحصول 1»، وهو الجزء الأول من هذه السلسلة، ثلاثة مراجع فقط، يشير أولها إلى إحدى المحاولات الفاشلة التي أجريت سنة 1907، للربط بين هطول الأمطار ونمو القمح؛ الثاني كان بالألمانية سنة 1909، يصف طريقة لحساب أقل قيمة لمعادلة رياضية معقدة؛ وكان الثالث مجموعة من الجداول نشرها كارل بيرسون. لم يظهر في ذلك الوقت بحث يماثل هذه السلسلة المميزة في تغطية معظم هذه المواضيع، فكانت «دراسات في تغير المحصول» فريدة وفذة. وُصِف الكاتب بأنه ر.آ. فيشر، ماجستير في المختبر الإحصائي، محطة روثامستد للتجارب، هاربندين Harpenden.

طلب الناشر جون وايلي John Wiley في سنة 1950 من فيشر أن يختار من أبحاثه المنشورة، ويزوده بأكثرها أهمية كي يضعها في مجلد واحد، تحت عنوان مداخلات في الإحصاء الرياضي Contributions to Mathematical Statistics. افتُتِح المجلد بصورة معاصرة لـ ر.آ. فيشر بشعره الأبيض وشفتيه

المضمومتين، وربطة عنق منحرفة قليلاً، ولحيته البيضاء غير المشذبة. وتم تقديمه كـ «ر.آ. فيشر، قسم علم الوراثة، جامعة كامبردج». وكانت المقالة الثالثة في هذا الكتاب هي «دراسات في تغير المحصول 1»، وسبقتها ملحوظة من الكاتب موضحاً أهمية هذه الدراسة ومكانتها في أعماله:

> أُعطي في بداية عمل الكاتب في روثامستد كثير من الاهتمام للسجلات الضخمة عن الجو ونتاج المحصول وتحليله، الخ.، والتي تم جمعها خلال فترة التاريخ الطويل لمحطة الأبحاث هذه. كان واضحاً أن لمادة البحث قيمة متميزة في مثل تلك المسائل للتحقق من مدى قدرة قراءات الأرصاد على التنبؤ في تغير المحصول التالي. إن البحث الذي أمامكم هو الأول من سلسلة كرّست اهتمامها لمثل هذه النتيجة...

كان هناك على الأكثر ستة مواضيع في «السلسلة المكرّسة لمثل هذه النتيجة». ظهرت «دراسات في تغير المحصول 2». سنة 1923. وهناك البحث الذي أعطاني إياه البروفيسور سميث، بعنوان «أثر هطول المطر على التغير في القمح في روثامستد»، من سنة 1924. ظهرت سنة 1927 «دراسات في تغير المحصول 4». ومن ثم «دراسات في تغير المحصول 6» والتي نشرت سنة 1929 لم يظهر الجزء الخامس من الدراسة في أعمال فيشر التي تم جمعها. ومن النادر أن نجد في تاريخ العلوم مجموعة من المنشورات تصف بشكل سيئ أهمية فحوى المادة الرياضية

فيها. قام فيشر في هذه الأبحاث بتطوير أدوات أصلية لتحليل البيانات، واشتقاق القواعد الرياضية لهذه الأدوات، فوصف تأثيرها في مجالات أخرى، ثم قام بتطبيقها على «التربة الصعبة» التي وجدها في روثامستد. أظهرت هذه الأبحاث أصالة بارعة، وكانت مليئة بالأفكار الرائعة التي شغلت النظريين حتى نهاية القرن العشرين، وستستمر غالباً في إلهام مزيد من الأعمال في السنوات المقبلة.

«دراسات في تغير المحصول. 1»

كان هناك كاتبان إضافيان لاثنين من أبحاث فيشر في هذه السلسلة. عمل منفردا في «دراسات في تغير المحصول. 1»، حيث تطلب العمل كمّاً هائلاً من الحسابات. وكانت آلته الحاسبة التي تدعى بالمليونير Millionaire بمثابة مساعده الوحيد، وهي آلة ميكانيكية بدائية تتحرك يدوياً. فإذا أردنا مثلاً أن نضرب 3،342 بـ 27، فعلينا وضع الاسطوانة على الآحاد، ومن ثم إدخال الرقم 3،342، وإدارتها سبع مرات. ثم نضع الأسطوانة على العشرات، وندخل الرقم 3،342 وندير‌ها مرتين. كانت تدعى بالمليونير، لأن أسطوانتها كانت كبيرة لدرجة استيعابها أرقاماً بالملايين.

ولأخذ فكرة عن الجهد البدني المبذول، علينا اعتبار الجدول السابع المذكور في الصفحة 123 في «دراسات في تغير المحصول. 1» فإذا استغرق حساب ضرب عملية واحدة لرقم

كبير دقيقة واحدة، فإني أقدر أن فيشر سيستغرق 185 ساعة لحساب الجدول بأكمله. وهناك نحو خمسة عشر جدولاً مشابها في تعقيده وأربعة رسوم بيانية كبيرة ومعقدة في مادة البحث. فنستنتج أن عمله قد استغرق ما لا يقل عن اثنتي عشرة ساعة يومياً لثمانية شهور من أجل تحضير جداول مادة البحث، دون حساب الساعات التي بذلت في العمل الرياضي النظري، لتحضير البيانات ولتجهيز التحليلات ولتصحيح الأخطاء المتعذر تجنبها.

تعميم ارتداد غالتون إلى الوسط

فلنتذكر اكتشاف غالتون للارتداد إلى الوسط، ومحاولته إيجاد المعادلة الرياضية التي تربط الأحداث العشوائية ببعضها. لقد أخذ فيشر كلمة غالتون، ارتداد، وأحدث علاقة رياضية بين السنة ونتاج القمح لحقل ما، فأصبحت فكرة بيرسون للتوزيع الاحتمالي صيغة تربط بين السنة والنتاج. تصف المتغيرات لهذا التوزيع المعقد الأوجه المختلفة في تغير نتاج القمح. قد نحتاج إلى معرفة أساسية بعلوم التفاضل والتكامل إذا أردنا التوغل بأساليب فيشر الرياضية، وفهم جيد لنظرية التوزيع الاحتمالي، واحساس بالهندسة متعددة الأبعاد. بيد أنه ليس من الصعب فهم نتائج ما توصل إليه.

لقد قامْ بتقسيم عامل الوقت لنتاج القمح إلى عدة أجزاء. كان أحدها نقصاناً ثابتاً وشاملاً للمحصول بسبب فساد التربة.

وآخر كان طويل المدى، ذا تغير بطيء تستغرق إحدى مراحله سنوات عدة. والثالث كان مجموعة من التغيرات سريعة الحركة التي أخذت في حسابها التقلبات الجوية عبر السنين. ومنذ محاولات فيشر الرائدة، برز دور بناء أفكاره ونظرياته في التحليل الإحصائي لتسلسل الوقت. لدينا الحاسب الآلي الذي يقوم بأداء الحسابات المعقدة بأنظمة ذكية، ولكن تظل الأفكار والنظريات الأساسية ثابتة. إذ ما زال يمكننا تقسيم مجموعة من الأرقام المتغيرة زمنياً إلى نتائج تعود إلى عدة مصادر. لقد استخدم تحليل التسلسل الزمني لفحص ارتطام الأمواج على شواطئ المحيط الهادي في الولايات المتحدة، وبالتالي للتعرف على عواصف المحيط الهندي. ومكنت هذه النظريات الباحثين من التفرقة بين الزلازل والانفجارات النووية تحت الأرض، وتحديد جوانب علم الأمراض بالغ الدقة لدقات القلب، وكذلك قياس أثر التنظيم البيئي على نوعية الهواء؛ وما زالت استخداماته في ازدياد.

لقد اندهش فيشر بالتحليلات التي أجراها على حصاد الحبوب من حقل يدعى برودبالك Broadbalk، إذ لم يستخدم فيه إلا الروث الحيواني، لذا لم يكن اختلاف الغلة من سنة إلى سنة بسبب الأسمدة التجريبية. إن فساد التربة على المدى الطويل كان مقنعاً لنفاد المواد المغذية من الروث الحيواني في التربة، كما أنه تمكن من تعيين آثار اختلاف أوقات هطول الأمطار مع التغيير السنوي الحاصل. ترى ما هو مصدر التغير

البطيء؟ يفترض نموذج التغير البطيء أن محصول سنة 1876، بدأ في النقصان أكثر مما هو متوقع من الآثار الأخرى، وازداد سرعة بعد سنة 1880. بدأ بالتحسن سنة 1894 واستمر حتى سنة 1901، ثم هبط بعد ذلك.

وجد فيشر سجلاً آخر بنفس التغير البطيء ولكن بنموذج معكوس. لقد كان ذلك عند غزو الأعشاب الضارة حقول القمح. ازدادت كثافة الأعشاب بعد سنة 1876، مع ظهور نباتات معمرة مختلفة. وفي سنة 1894 بدأت الأعشاب في الاختفاء فجأة لتنبت من جديد سنة 1901.

اتضح أنه جرت عادة استخدام أطفال صغار يمشون في الحقول، وينزعون الأعشاب الضارة في الفترة التي سبقت سنة 1876، وكان عادياً رؤية الأطفال يمشون في حقول إنجلترا، يمشطون القمح والحبوب في فترة ما بعد الظهيرة، يقتلعون الأعشاب الضارة. وصدر في سنة 1876 قانون يرغم الطلبة على الحضور إلى المدرسة، فبدأت حشود الأولاد بالاختفاء من الحقول. وصدر قانون ثان سنة 1880 يفرض عقوبة على العائلات التي أبعدت أولادها عن المدرسة، وبذلك ابتعد الأولاد كليا عن الحقول. ابتدأت الأعشاب الضارة بالنمو من جديد بعد ما تركتها أيادي الأطفال.

ولكن ماذا حدث في سنة 1894 لعكس هذا الاتجاه؟ لقد كان هناك مدرسة داخلية للبنات بجوار روثامستد. كان المدير

الجديد السيد جون لوس Sir John Lawes يؤمن بالأنشطة الخارجية في الهواء الطلق لبناء صحة الطالبات الشابات. فنسق مع مدير محطة التجارب لإحضار الفتيات إلى الحقول لانتزاع الأعشاب الضارة في أيام السبت وفي المساء. ولكن بعد موت السيد جون في سنة 1901، عادت الطالبات إلى المكوث وممارسة الأنشطة الداخلية، وعادت الأعشاب الضارة إلى البرودبالك.

التجارب المضبوطة عشوائياً

ظهرت الدراسة الثانية لتغير المحصول سنة 1923 في مجلة العلوم الزراعية. لا يتعامل هذا البحث مع البيانات المتراكمة من تجارب سابقة في روثامستد، بل يصف مجموعة تجارب لأثر عدة أنواع من خليط الأسمدة على أنواع مختلفة من البطاطس. حدث شيء مميز للتجارب في روثامستد منذ قدوم ر.آ. فيشر، فقد أوقفوا استخدامهم لنوع واحد من الأسمدة التجريبية لحقل بأكمله، وقاموا الآن بتجزئة الحقل إلى عدة قطع صغيرة. ثم قُسِّمت كل قطعة إلى صفوف من النباتات ولكل صف في كل قطعة أرض عناية مختلفة.

الفكرة الأساسية كانت بسيطة، يوم عرضها فيشر. ولم يفكر فيها أحد من قبل. لقد كان من الواضح لكل من ينظر إلى الحقل أن يدرك أن بعض الأماكن فيه أفضل من غيرها. نمت بعض النباتات في بعض الزوايا لتصبح طويلة وكثيفة منتجة

للحبوب. وفي زوايا أخرى كانت هزيلة وضعيفة. وقد يعود ذلك إلى طرق تصريف المياه، أو إلى تغيير في نوع التربة، أو إلى وجود مواد مغذية من غير علم بها، أو أكوام من الأعشاب الضارة المعمرة، أو لوجود مؤثرات أخرى غير مرئية. وإذا أراد العالم الزراعي أن يختبر الفرق بين نوعين من عناصر الأسمدة، فبإمكانه أن يضع أحدها في أحد جوانب الحقل والآخر في الجانب الآخر، مفندا الآثار الناتجة عن الأسمدة والآثار الناتجة عن التربة وطريقة تصريف المياه. بينما إذا أجريت التجارب في نفس الحقول ولكن على سنوات مختلفة، فستفند آثار الأسمدة التغيرات الجوية عبر السنين.

وإذا قمنا بمقارنة الأسمدة إلى جانب بعضها البعض في السنة نفسها، تقلّ فرص الاختلاف في التربة، ولكنها تظل موجودة، وذلك لأن النباتات المعالجة تنمو في ترب مختلفة. وإذا قمنا باختيار عدة أزواج، فان الاختلاف في التربة سيتعادل نوعاً ما. على فرض أننا نريد أن نقارن بين نوعين من السماد أحدهما فيه ضعف كمية الفوسفور، نقسم الحقل إلى قطع صغيرة، في كل منها صفان من النباتات. نضع دائماً الفوسفور المضاعف في صف النباتات الشمالي ونضع الآخر في الصف الجنوبي. أستطيع الآن سماع البعض يقولون أن ذلك لن «يعدل» بعضه بعضاً إذا كانت درجة الخصوبة في التربة تسير شمالاً وجنوباً، لأن تربة الصف الشمالي في كل مجموعة أحسن بقليل من تلك الجنوبية.

فلنجرِ عملية تبادل. فتكون في المجموعة الأولى كمية الفوسفور المضاعف في الصف الشمالي، وفي المجموعة الثانية، تكون في الصف الجنوبي، وهكذا. لقد قام أحد القراء برسم خريطة تقريبية للحقل ووضع علامة مشيراً إلى الصف ذي الفوسفور المضاعف. وأشار إلى أنه إذا كانت درجة الخصوبة تسري من الشمال الغربي إلى الجنوب الشرقي، تكون تربة الصفوف التي أضيف إليها المزيد من الفوسفور أفضل من غيرها. وأشار آخر إذا كان المعامل يجري من الشمال الشرقي إلى الجنوب الغربي، فقد يحدث العكس. ومن ثم سأل أحد القراء عن مدى صحة هذا الكلام؟ كيف تسري درجة الخصوبة؟ فنرد قائلين إن أحداً لا يعلم. لأن مفهوم درجة الخصوبة غير واضح. والنموذج الحقيقي للخصوبة قد يرتفع ويهبط بطريقة معقدة بانتقالنا من الشمال إلى الجنوب ومن الشرق إلى الغرب.

أستطيع تخيّل المناقشات التي دارت بين العلماء في روثامستد، عندما أشار فيشر إلى أن معالجة مجموعات صغيرة تسمح بالمزيد من التجارب الدقيقة. وأستطيع أيضا تخيل المناقشات تلك حول تحديد درجة الخصوبة، بينما كان ر.آ. فيشر يجلس مبتسماً، تاركهم يتعمقون في تركيبات معقدة. لقد أخذ بالاعتبار هذه الأسئلة ووجد لها إجابات سهلة. أبعد الغليون عن فمه، ويصفه الذين يعرفونه جالسا بهدوء ينفخ في غليونه، بينما كانت المناقشات تثار حوله، منتظراً الدقيقة التي يستطيع فيها أن يقوم بمداخلته قائلاً. «اتِّباع العشوائية».

تحليل فيشر للتفاوت

هي عملية سهلة. يقوم العلماء عشوائياً بتعيين سبل المعالجة للصفوف المختلفة في كل مجموعة. وبما أن التنسيق العشوائي لا يتبع نموذجاً ثابتاً فإنه سيجري تعديل أي درجة خصوبة بحد ذاتها. ينهض فيشر ويبدأ بالكتابة بغضب على اللوح الأسود، واضعاً الرموز الرياضية، مندفعاً بأذرعه عبر أعمدة الرياضيات، لاغياً بعض العوامل التي تحذف بعضها بعضاً على طرفي المعادلة، مظهراً الأداة الفريدة التي أصبحت الأكثر أهمية في العلوم البيولوجية. وهذه نظرية للتفريق بين نتائج المعالجات المختلفة في التجربة العلمية المدروسة، والتي أسماها فيشر «تحليل التفاوت». ظهر تحليل التفاوت لأول مرة في «دراسات في تغير المحصول 2».

ظهرت المعادلات لبعض أمثلة تحليل التفاوت في كتاب الأساليب الإحصائية للباحثين، ولكن تم اشتقاق المعادلات رياضياً في هذا البحث، ولم تُحَلّ بتفاصيل وافية تفي بحاجة الرياضي الأكاديمي. إن علم الجبر المستخدم مُصاغ بطريقة لحالات خاصة مثل مقارنة ثلاثة أنواع من المخصبات (الأسمدة)، عشرة أنواع مختلفة من البطاطس، وأربع مجموعات من التربة. لذا يحتاج المرء لمجهود شاق لتكييف علم الجبر المستخدم لدراسة نوعين من المخصبات مع خمسة متغيرات، أو ستة مخصبات بمتغير واحد فقط . وقد يستغرق مجهوداً رياضياً أكبر لاستخراج المعادلات العامة التي تعمل في

جميع الحالات. توصل فيشر بالطبع لتلك المعادلات العامة. لقد كانت واضحة بالنسبة له، لذلك لم يجد حاجة في استخراجها.

لا عجب في اندهاش معاصري فيشر من أعماله!

يوجد في «دراسات في تغير المحصول 4» ما أسماه فيشر «بالتحليل المصاحب للمتغاير». وهذا أسلوب لتمييز نتائج الحالات التي لم تكن جزءاً من تصميم التجربة، ولكنها وُجدت هناك، وبالإمكان قياسها. إن أي مقالة نجدها في مجلة طبية تصف نتائج العلاج التي تم «تعديلها في الجنس والوزن»، فإنها تلجأ لنظريات فيشر الرائدة والمذكورة في هذا البحث. تقدم الدراسة السادسة تحسينات في نظرية تصميم التجارب. وستتم مناقشة الدراسة الثالثة التي قدمها لي البروفيسور سميث، لاحقاً في هذا الفصل.

درجات الحرية

نشر فيشر أخيراً في سنة 1922 مقالته في مجلة المجتمع الملكي الإحصائي. وهي مذكرة صغيرة تثبت بكل بساطة خطأ إحدى معادلات كارل بيرسون. لقد كتب فيشر بعد سنوات عن هذه المقالة قائلاً:

> استطاع هذا البحث الصغير بكل ما فيه من أمور غير ملائمة، وغير مكتملة أن يكسر الجمود. وعلى كل قارئ يشتاط غضباً من الشخصية غير المكتملة

والمجزأة أن يعلم، انه كان لا بد لها من شق طريقها للنشر، متجاوزة كل النقاد الذين لم يصدقوا في المقام الأول أن أعمال بيرسون تحتاج إلى تصحيح، والذين إذا أردنا قول الحقيقة، كانوا متأكدين من أنهم قاموا أنفسهم بتصحيحها.

استطاع سنة 1924 أن ينشر بحثاً مطولاً وأكثر عمومية في مجلة المجتمع الملكي الإحصائي. ومن ثم قام بالتعليق على ذلك البحث وعلى آخر له علاقة أيضاً بمجلة اقتصادية: «كانت (هذه الأبحاث) محاولات للتسوية، بمساعدة المفهوم الجديد لدرجات الحرية، وقد قام عدة مؤلفين بمراقبة النتائج المتغايرة والمتباينة...».

إن «المفهوم الجديد لدرجات الحرية» اكتشاف لفيشر، وكان له علاقة مباشرة برؤيته الهندسية، وقدرته على طرح المسائل الرياضية عن طريق الهندسة متعددة الأبعاد. ظهرت «النتائج المتغايرة» في كتاب غامض نشره شخص يدعى ت.ل. كيلي T.L. Kelley في نيويورك New York؛ وجد كيلي بيانات لم تُعطِ فيها معادلات فيشر إجابات صحيحة. ويبدو أن فيشر وحده الذي اطلع على كتاب كيلي. لقد استخدم فيشر نتائج كيلي المتغايرة كلبنة أساس، لهدم أحد إنجازات بيرسون القيمة.

«دراسات في تغير المحصول. 3»

لقد ظهرت الدراسة الثالثة في تغير المحصول في سنة

1924 في المعاملات الفلسفية للمجتمع الملكي بلندن. والتي بدأت:

> لا يمكننا في الوقت الحالي ادعاء معرفة آثار الطقس على المحصول الزراعي. يمكن أن نعزو غموض الموضوع ـ جزئياً بالرغم من أهميته العظيمة للصناعة المحلية ـ إلى الصعوبة المتأصلة في الموضوع . . . إلى قلة كمية البيانات، إما بسبب ظروف التجارب أو لظروف صناعية . . . .

يتبع ذلك مقال فذ من ثلاث وخمسين صفحة، تظهر فيها دعائم النظريات الإحصائية الحديثة المستخدمة في الاقتصاد والطب والكيمياء وعلوم الكمبيوتر وعلم الاجتماع والفلك والصيدلة، أو أي مجال آخر نحتاج فيه إلى توضيح النتائج النسبية لرقم ضخم بمسببات مترابطة. ويتضمن أيضاً نظريات بارعة في الحساب (فلنتذكر أن فيشر لم يكن لديه سوى آلته اليدوية المليونير ليعمل بها)، وكذلك عدة مقترحات ذكية عن كيفية تنظيم البيانات للتحليل الإحصائي. إنني مدين أبداً للبروفيسور العظيم سميث الذي قدّم لي هذا البحث. فما زلت أتعلم أموراً جديدة مع كل قراءة له.

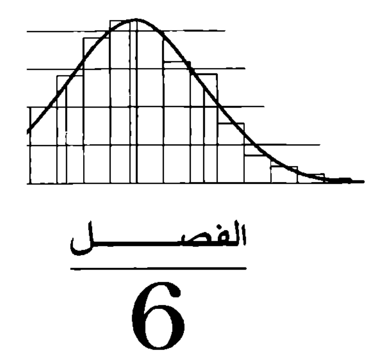
ينتهي المجلد الأول (من أصل خمسة) من الأبحاث المجموعة لـ ر.آ. فيشر بمجموعة من الأبحاث التي نشرها في سنة 1924. تظهر صورة فيشر، في نهاية المجلد وكان عمره

آنذاك ثلاثاً وأربعين سنة، ضاماً يديه ولحيته مهذبة، ولا تبدو نظارته بالسماكة التي ظهرت في الصورة الأولى. كانت نظرته واثقة ومطمئنة. لقد أسس في السنوات الخمس الماضية، مركزاً رائعاً للإحصاء في روثامستد. فقد استأجر مساعدين مثل فرانك ييتس Frank Yates، الذي استمر بتشجيع من فيشر، ليحقق إنجازات لنظرية وتطبيق التحليل الإحصائي. واختفى طلاب كارل بيرسون مع بعض الاستثناءات طبعاً. لقد ساعدوا بيرسون أثناء عملهم في مختبر البيومتريكا، ولم يكونوا سوى امتداد لبيرسون. ومع بعض الاستثناءات أيضاً، استجاب طلاب فيشر لتشجيعه وأحرزوا تقدماً بارعاً وراسخاً لأنفسهم.

دعي فيشر في سنة 1947، لتقديم سلسلة من الأحاديث على شبكة الإذاعة البريطانية BBC عن طبيعة العلوم والبحث العلمي، قال في أحدها:

> إن المهنة العلمية غريبة في بعض الأحوال. ومبرر وجودها هو الزيادة في المعرفة الطبيعية. لذلك تحدث أحياناً الزيادة في المعرفة الطبيعية. ولكن هذا غير لائق وقد يجرح المشاعر، إذ يتعذر تجنب إيضاح خطأ وجهات نظر سابقة أو عدم لياقتها. أعتقد أن غالبية الناس يلاحظون ذلك ويأخذونها من الجانب الجيد وهو أن ما درسوه لسنوات عشر خلت قد يحتاج إلى مراجعة؛ ولكن بعضهم من غير شك يأخذها بصعوبة، كضربة لاحترام الذات لديهم، أو كاقتحام لما يعتقدون

أنه مجال خاص بهم فقط، وأنه عليهم أن يتصرفوا كالطيور في الربيع التي تمتعض لأي اقتحام لممتلكاتها الصغيرة. ولا أظن أن هناك شيئاً نستطيع فعله إزاء ذلك. فذلك متأصل في طبيعة المهنة؛ ولكن من الممكن تحذير العلماء الشباب ونصحهم بأنهم لو كان لديهم ما هو ثمين لإثراء الإنسان، فسيأتي بالتأكيد من يتمنى أن يسلب منهم ذلك الشيء الثمين.



الفصل

6

فيضان المئة سنة

ما يمكنه أن يكون أكثر غموضاً من «فيضان المئة سنة» فيضانات المياه التي تصب في الأنهار بقوة حادة جالبة معها الأضرار الجسيمة، لدرجة أنها لا تحدث إلا نادراً مرة كل مئة سنة؟ من يمكنه التخطيط لمثل هذه الحادثة؟ كيف يمكننا قياس ارتفاع مياه الفيضان التي نادراً ما تحدث؟ إذا كانت النماذج الإحصائية للعلوم الحديثة تعتمد على بيانات سابقة، فما الذي تستطيع النماذج الإحصائية فعله لمشكلة الفيضانات التي لم تُشاهد أبداً، أو حتى إذا شوهدت فلمرة واحدة فقط؟ ل. هـ. ك. تيبت L.H.C. Tippet وجد حلاً لها.

ولد ليونارد هنري كالب تيبت Leonard Henry Caleb Tippet في لندن، ودرس الفيزياء هناك في كلية إمبيريال Imperial College، وتخرج سنة 1923. يقول تيبت إن ما جذبه لعلم الفيزياء

هو «تبني هذا العلم للمقاييس الدقيقة ... وطريقته المنظمة في التعامل مع الأضداد العلمية اليومية». يستمر وهو ينظر إلى شبابه المليء بالطموح فيقول: «كنا ننظر إلى الفرضيات على كونها إما صحيحة أو خاطئة، معتبرين التجارب الحاسمة، الأداة الأساسية لتقدم المعرفة». وعندما سنحت له الفرصة لإجراء التجارب، وجد أن نتائجها لا تتفق أبداً مع تنبؤات النظرية. يضيف قائلاً ومعتمداً على خبرته، «أرى أنه من الأفضل تحسين تقنية أخذ العينات (يقصد هنا التوزيع الإحصائي) بدلاً من رفض النظرية». لاحظ تيبت أن النظرية التي أحبها تزوده بمعلومات عن المتغيرات فقط وليس عن الملاحظات الفردية.

أصبح ل. هـ. ك. تيبت (كما هو مذكور في أبحاثه) وبهذه الطريقة، منساقاً مع الثورة الإحصائية من خلال فهمه للتجارب. عمل بعد تخرجه كإحصائي في جمعية الأبحاث البريطانية لصناعة القطن British Cotton Industry Research Association، وتدعى غالباً بمعهد شيرلي Shirley Institute، الذي تجري فيه محاولات لتحسين صناعة الخيوط والأقمشة القطنية من خلال استعمال النظريات العلمية الحديثة. كانت متانة الخيوط المنسوجة حديثاً من أكثر المشاكل المحيرة آنذاك. إن قوة الشد الضرورية لقطع نسيج خيط ما تختلف باختلاف الأنسجة حتى ولو تم نسجها بظروف متماثلة. أجرى تيبت تجارب دقيقة، فاحصاً الخيوط تحت المجهر بعد مرورها بعدة مستويات من الشد، واكتشف أن تقطيع الخيط يعتمد على قوة أضعف شعيراته.

أضعف الشعيرات؟ كيف يمكن صياغة معادلة رياضية لحساب قوة أضعف شُعيرة؟ طلب تيبت إجازة لما لم يجد حلاً لمشكلته، وجاءت الموافقة ليتفرغ حولاً كاملاً سنة 1924 ليدرس تحت يدي كارل بيرسون في مختبر غالتون البيومتري في كلية الجامعة بلندن. كتب عن هذه التجربة:

> كان الوقت الذي أمضيناه في كلية الجامعة مثيراً. إن كارل بيرسون رجل عظيم، وقد شعرنا بذلك. كان رجلاً جاداً في العمل، وطموحاً يزرع الحماسة بين موظفيه وطلابه. كان يعمل بالأبحاث أثناء وجودي هناك، فيأتي إلى محاضراته مليئاً بالإثارة والطموح، ويزودنا بالنتائج الفورية من طاولة عمله. وبالرغم من أن أسلوب البحث لديه كان قديماً نوعاً ما، إلا أن محاضراته بقيت مثيرة... ومن الأمثلة على اتساع أفق تفكيره واهتماماته المحاضرة التي كانت عن «تاريخ الإحصاء في القرنين السابع والثامن عشر»... لقد كان مناظراً بارعاً... وأحد سلسلة منشوراته كان بعنوان «أسئلة عن الحاضر وعن المنازعات»... لقد كان واضحاً في الجو العام أثر قوة ونزاعات الماضي. كانت الجدران مزينة بالشعارات والصور الكاريكاتورية ... كان هناك ... كاريكاتور رسمه سباي Spy لـ سام المتملق Soapy Sam المطران ويلبيرفورس Bishop Wilberforce صاحب المناظرة الشفهية مع ت. هـ. هاكسلي T.H. Huxley عن الداروينية في أحد لقاءات الجمعية البريطانية سنة 1860. لقد كان

> هناك عرض لمنشورات صدرت في العقود السابقة، وتبدو اهتمامات القسم من خلال بعض العناوين مثل «خزينة الميراث البشري Treasury of Human Inheritance، (أصول المواصفات البدنية والنفسية والمرضية في الإنسان Pedigrees of Physical, Psychical, and Pathological Characters in Man)، و«الداروينية، والتقدم الطبي وتحسين النسل Darwinism, Medical Progress and Eugenics». يذكرنا كارل بيرسون بعلاقته الوطيدة مع غالتون أثناء عشاء القسم السنوي، لما أعطى وصفاً لسنة من العمل بشكل تقرير كان ليعطيه غالتون، لو كان حياً. ومن ثم شربنا نخب «أموات البيومتريك».

هكذا كان كارل بيرسون في سنواته الأخيرة المفعمة بالحيوية، قبيل أن تلقي أعمال ر. آ. فيشر وابن بيرسون نفسه معظم جهوده العلمية إلى نفايات الماضي مع الأفكار المنسية.

ظلت مسألة توزيع القوى لأضعف شعَيرة بدون حل مع كل الإثارة بمختبر بيرسون، ورغم المعلومات الرياضية التي ألم بها تيبت إبّان وجوده هناك. وبعد عودته من معهد شيرلي، توصل تيبت لإحدى الحقائق المنطقية البسيطة التي كانت تكمن في بعض الاكتشافات الرياضية العظيمة. لقد توصل إلى معادلة بسيطة تربط بين توزيع القيم القصوى، وتوزيع بيانات العينات.

إن القدرة على كتابة معادلة ما شيء، وحلها شيء آخر.

استشار بيرسون الذي لم يستطع مساعدته. طور مضمار الهندسة خلال السنوات الخمس وسبعين الماضية، مجموعة كبيرة من المعادلات وحلولها، والتي من الممكن أن نجدها بوفرة في ملخصات ضخمة. ولم يتمكن تيبت أن يعثر على معادلته في تلك الملخصات.

لقد قام بما يقوم به طالب الثانوية الضعيف في مادة الجبر. لقد خمن إجابة ما، فتصادف أن كانت هي حل المعادلة. هل كان هذا هو الحل الوحيد لتلك المعادلة؟ وهل كانت يومها هي الإجابة «الصحيحة» لمسألته؟ ناقش الأمر مع ر. آ. فيشر، الذي تمكن من استخراج تخمين تيبت، واستخراج حلين إضافيين، موضحاً أنه لا حل آخر. تُعرف هذه بخطوط التقارب الثلاثة لتيبت للحدود القصوى.

توزيع الحدود القصوى

ما الفائدة التي نجنيها من معرفة التوزيع للحدود القصوى؟ إذا عرفنا وجه الصلة بين قيم الحدود القصوى والقيم العادية، يمكننا الاحتفاظ بسجل منسوب الفيضانات السنوي، ومن ثم توقع المنسوب المتوقع لفيضانات المئة سنة. يمكننا القيام بذلك لأن قيم المقاسات للفيضانات السنوية تعطينا من المعلومات ما يكفي لحساب المتغيرات لتوزيعات تيبت. وبذا يتمكن مهندسو الجيش الأمريكي أن يحسبوا الارتفاع المطلوب للحواجز على الأنهار، كما يمكن لوكالة حماية البيئة أن تضع المواصفات

للمداخن التي تتحكم بالقيم القصوى لدخان الغاز المتصاعد من مداخن المصانع. وتمكنت مصانع القطن من تحديد عوامل إنتاج القطن التي تؤثر في متغيرات توزيع القوة لأضعف شُعيرة.

نشر سنة 1958 إميل ج. غامبل Emil J. Gumbel، بروفيسور في الهندسة بجامعة كولومبيا Columbia University، النص الحاسم لهذا الموضوع تحت عنوان إحصائيات الحدود القصوى Statistics of Extremes. أُضيف إلى نظريته فيما بعد الإضافات البسيطة لتتسع دائرة الحالات المشابهة، لكن يظل عمل غامبل شاملاً لكل ما يحتاجه الإحصائي في هذا الموضوع. يشمل الكتاب أعمال تيبت الأصلية إضافة إلى التعديلات الأخيرة للنظرية، والكثير منها كان من أعمال غامبل نفسه.

الجريمة السياسية

كان لغامبل سيرة ذاتية ممتعة. كان في نهاية العشرينات إلى بداية الثلاثينات عضواً مبتدئاً في هيئة التعليم بإحدى جامعات ألمانيا. أوضحت أبحاثه الأولية أنه رجل ذو قدرات عظيمة، لكن مقامه لم يرق إلى تلك الدرجة العالية. لم يكن مستقراً في عمله وكانت قدرته على إعالة زوجته وأولاده، حسب هوى السلطات الحكومية. كان النازيون آنذاك يعيشون فساداً في ألمانيا، ورغم كونه حزباً سياسياً من الناحية الرسمية إلا أن الاشتراكيين القوميين National Socialists كانوا فعلاً مجموعة من العصابات. وكانت جماعة القمصان البنية Brown

Shirts منظمة من قطّاع الطرق تُملي إرادتها بالتهديد والضرب والقتل. وكان كل من ينتقد النازيين عرضة للهجوم العدواني، وغالباً ما يكون اعتداؤهم علانية في شوارع المدينة ليدب الذعر لدى الآخرين. كان لغامبل صديق تعرض للهجوم والقتل في مثل تلك الأمكنة العامة، وشهد الجريمة كثيرون ممن بإمكانهم التعرف إلى المجرمين. لكن لم تجد المحكمة أدلة كافية لإدانة المجرمين، فتم إطلاق سراح جماعة القمصان البنية المتورطة.

شعر غامبل بالخوف، فقد حضر المحاكمة ورأى الطريقة التي ألغى فيها القاضي الأدلة فأصدر حكمه اعتباطاً، بينما ابتهج النازيون الحاضرون للنتيجة. بدأ غامبل بدراسة حالات أخرى لجرائم ارتكبت علناً دون إدانة أحد. توصل غامبل إلى نتيجة ألا وهي فساد وزارة العدل من قبل النازيين، وحتى إن كثيراً من القضاة كانوا متعاطفين معهم أو تمت رشوتهم.

جمع غامبل عدداً من الحالات وأجرى مقابلات مع الشهود، وجمع وثائق عن التسريح المزيف للمجرمين. ونشر في سنة 1922 معلوماته في كتاب أربع سنوات من الجرائم السياسية Four Years of Political Murder. كان عليه توزيع كتابه بنفسه لأن الكثير من المكتبات تخشى بيعه. واستمر في جمع المزيد من الحالات حتى سنة 1928 عندما نشر كتابه أسباب الجرائم السياسية Causes of Political Murder. حاول إنشاء جماعة سياسية لمواجهة النازيين، ولكن خوف معظم زملائه الأكاديميين وحتى أصدقائه اليهود، حال دون انضمامهم إليه.

كان غامبل يحضر مؤتمراً للرياضيات في سويسرا عندما وصل النازيون للسلطة سنة 1933. أراد العودة مسرعاً إلى ألمانيا لمحاربة هذه الحكومة الجديدة، فأقنعه أصدقاؤه بالعدول عن هذا، لأنه سيتم القبض عليه وقتله قبل أن يعبر الحدود. قامت مجموعة قليلة من علماء اليهود بالهرب في الأيام الأولى لحكم النازيين، وقبل أن تتمكن الحكومة الجديدة من السيطرة على الحدود، مثل رائد علم الافتراض الألماني ريتشارد فون مايزيس Richard Von Mises، الذي تنبأ بما سيحدث. استغل أصدقاء غامبل الفوضى السائدة فأخرجوا عائلته من ألمانيا، حيث استقروا لفترة في فرنسا، ولكن النازيين دخلوها سنة 1940.

فرّ غامبل وعائلته إلى الجزء غير المحتلّ جنوب فرنسا، والتي كان يحكمها المتآمرون مع الألمان. كان غامبل من بين الكثير من الديموقراطيين الألمان الذين كانت حياتهم في خطر، لأن أسماءهم كانت على لائحة أعداء الدولة التي يطالب بها النازيون، الحكومة الفرنسية بتسليمهم. كان هاينريش مان Heinrich Mann، أخو الكاتب توماس مان Thomas Mann، وليون فويختفانجر Lion Feuchtwanger من بين اللاجئين الألمان المحاصرين في مارسيليا Marseilles. بدأ هيرام بنغهام الرابع Hiram Bingham IV، القنصل الأمريكي في مارسيليا، بإصدار تأشيرات للاجئين الألمان، منتهكاً بذلك أنظمة وزارة الخارجية الأمريكية. أنبته واشنطن Washington لفعله هذا ثم أُزيح من منصبه بسبب أنشطته، لكن بعد أن تمكن بنغهام من

إنقاذ الكثير من الذين كانوا يواجهون الموت المحقق لو سارت الأمور مجرى النازيين. انتقل غامبل وعائلته إلى الولايات المتحدة[1]، وعُرض عليه منصب في جامعة كولومبيا Columbia University.

هناك عدة أنواع من المؤلفات الرياضية. بعضها «تعريفي» بنصوص باردة ومتناثرة، تعرض مجموعة من النظريات والبراهين بقليل من المتعة أو بدونها، وتجد في بعضها براهين صعبة ومعقدة وكأنها تشق طريقها بإصرار بين الفرضيات والنتائج. وهناك البعض الآخر مليء بالبراهين المنسقة، والتي اختصر فيها العمل الرياضي إلى خطوات بسيطة تنتقل بسلاسة لتعطي النتائج النهائية. وهناك أيضاً عدد قليل من النصوص يحاول فيها الكاتب شرح خلفية وأفكار ما بُنيت عليه المسائل، ويصف فيها تاريخ المادة، وتكون أمثلتها من الحالات الواقعية والمشوقة.

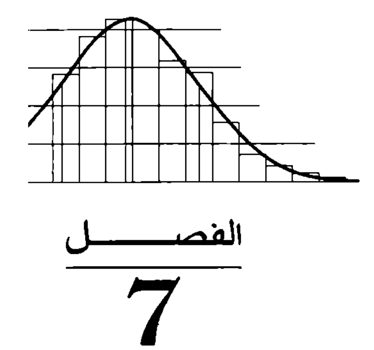
وهذه المواصفات الأخيرة تصف كتاب غامبل إحصائيات الحدود القصوى. وهو عرض رائع ومشرق لمادة صعبة، مليء بالمراجع من أجل تطوير المادة. يقدم الموضوع في الفصل الأول بعنوان «الأهداف والأدوات Aims and Tools،» ومن ثم

---

(1) أعطيت أبحاث غامبل بعد موته سنة 1966 إلى معهد ليو بيك Leo Baeck في نيويورك، والتي أصدرت ثمانية أفلام ميكروفيش، تتعلق بأنشطته ضد النازيين، مصنفة تحت اسم مجموعة إميل ج. غامبل The Emil J. Gumble Collection ، أبحاث سياسية للأكاديمي المعادي للنازية في فايمر وإكسايل Weimar and Exile.

يوضح المادة الرياضية اللازمة لفهم بقية الكتاب. وهذا الفصل بحد ذاته هو مقدمة جيدة للمادة الرياضية في نظرية التوزيع الإحصائي، فقد صُمم لكي يفهمه من ليس له خلفية رياضية أكثر من معلومات مستوى أول لمادة التفاضل والتكامل. وبالرغم من أني قرأت الكتاب لأول مرة بعدما تلقيت درجة الدكتوراه في الرياضيات الإحصائية، إلا أنني تعلمت الكثير من الفصل الأول. يبدأ الكاتب مقدمته قائلا بتواضع: «لقد حُرّر هذا الكتاب بكل أمل منافٍ للتوقعات، لتستفيد منه الإنسانية حتى ولو بمشاركة القليل في تقدم العلوم».

يصعب وصف الإنجاز الذي حققه هذا الكتاب بالـ «القليل». بل يبرز كنُصب لأحد أعظم أساتذة القرن العشرين. لقد كان إميل غامبل من الأشخاص الذين جمعوا بين الشجاعة غير العادية، والقدرة على نقل الأفكار متناهية الصعوبة بطريقة واضحة ومختصرة.



الفصل

7

فيشر المنتصر

تقوم الجمعية الملكية الإنجليزية للإحصاء The Royal Statistical Society of England سنوياً بنشر مواضيع في مجلاتها الثلاث، وبرعاية الاجتماعات، داعية المتحدثين لتقديم آخر أعمالهم. من الصعب نشر مقالة ما في إحدى مجلاتهم، إذ ينبغي أن يراجعها حكمان على الأقل للتأكد من صحتها؛ كما يجب على مساعد المحرر والمحرر نفسه الموافقة أنها تمثل إضافة ملحوظة للعلوم الطبيعية. أما الدعوة للتحدث في الاجتماع فإنها من أشق الصعوبات، فهو شرف خاص لا يحظى به إلا جهابذة ذاك المجال.

من عادة المجتمع أن يُتيح الفرصة للمستمعين بإبداء الرأي بعد كل محاضرة. يتم اختيار بعض الأعضاء وتُقدم لهم نسخ عن الموضوع الذي ستتم مناقشته، فتكون مشاركتهم مفصلة وفعالة. تقوم بعدها مجلة المجتمع الملكي الإحصائي

بنشر الموضوع نفسه وتعليقات المناقشين.

تُلاحظ جدية المجلة بطابعها البريطاني. يقوم رئيس الاجتماع (أو من ينوب عنه) باقتراح شكر المتحدث، يتبعها بتعليقاته. ثم يثنّي عضو آخر مرموق على اقتراح الشكر، ويتبع ذلك تعليقاته. ثم يقوم آخرون، واحداً تلو الآخر، بإبداء تعليقاتهم. يكون المدعوون غالباً من الولايات المتحدة ودول الكومنويلث وجنسيات أخرى، فيضيفون تعليقاتهم. ثم يرد المتحدث على هذه التعليقات. ويسمح للطرفين المناقش والمتحدث بمراجعة أقوالهما قبل ظهورها في المجلة.



رونالد آيلمر فيشر، 1890 - 1962

في الثامن عشر من ديسمبر سنة 1934، أُعطي الشرف الوحيد

لتقديم مثل هذا البحث للبروفيسور ر.آ. فيشر، (دكتوراه علوم وعضو في الجمعية الملكية .Sc.D., F.R.S. فتم أخيراً تقدير عبقرية فيشر بعد انقطاع وهمي في العشرينات. كانت أعلى درجاته الأكاديمية عندما التقينا به (في الفصول السابقة)، هي درجة الماجستير M.S وكانت «جامعته» هي محطة التجارب الزراعية النائية خارج لندن. حصل على درجة إضافية سنة 1934 وهي دكتوراه في العلوم، وتم اختياره كعضو في المجتمع الملكي المرموق (أعطي لهذا السبب لقب .F.R.S. وأخيراً قام المجتمع الملكي للإحصاء بمنحه مكاناً بين رواد هذا المجال. ولهذا الشرف، قدم فيشر بحثاً بعنوان «منطق الاستدلال المؤثر The Logic of Inductive Inference». كان البروفيسور م. غرينوود M. Greenwood، F.R.S.، رئيسا للمجلس. كان البحث من ست عشرة صفحة تقدم ملخصاً دقيقاً وواضحاً لأعمال فيشر الحديثة. افتتح المناقشة البروفيسور أ.ل. بولي A.L. Bowley الذي قام مقدماً اقتراح الشكر. واستمر في تعليقه:

> إنني سعيد لمنحي الفرصة لشكر البروفيسور فيشر، لا لبحثه الذي قرأه على مسامعنا ، ولكن على إنجازاته بصفة عامة في مادة الإحصاء. وهذه فرصة مناسبة لأن أقول بأنني، وجميع الإحصائيين الذين أتعامل معهم، نقدر جهوده العظيمة المليئة بالحماسة تجاه دراسة الإحصاء، وقوة أدواته الرياضية، وتأثيره الواسع هنا وفي الولايات وفي أماكن أخرى، والحوافز التي قدمها بإيمانه بالتطبيق الصحيح لمادة الرياضيات.

لم يكن كارل بيرسون من بين المناقشين. لقد تقاعد منذ ثلاث سنوات من منصبه في جامعة لندن. نما مختبر غالتون البيومتري تحت قيادته إلى مركز رسمي للبيولوجيا الإحصائية في الجامعة. وحين استقالته انقسم المركز إلى قسمين. عُيّن رونالد آيلمر فيشر رئيس قسم الأجنة الجديد، بينما أصبح إيغون بيرسون، ابن كارل بيرسون، رئيس القسم البيومتري المصغر، ومسؤولاً عن مختبر غالتون البيومتري، ومحرراً لمجلة البيومتريكا. لم تكن علاقة فيشر ببيرسون الشاب جيدة على المستوى الشخصي، ويقع اللوم في ذلك على فيشر. كان يعامل بيرسون الشاب بعدوانية واضحة. لقد عانى هذا الرجل من عدم انسجام فيشر مع والده، وكذلك جيرزي نيمان Jerzy Neyman، الذي سيظهر تعاونه مع إيغون بيرسون في الفصل العاشر. بيد أن هذا لم يمنع بيرسون الشاب من احترام فيشر وتقدير أعماله. كتب بيرسون بعد سنوات أنه احتاج وقتاً طويلاً ليعتاد عدم ذكر فيشر لاسمه في مطبوعاته. ورغم هذا الجو المشحون وبعض المنازعات القضائية، ظل فيشر وإيغون بيرسون يرسلان طلبتهما إلى محاضرة الآخر مبتعدين عن المناقشات العامة.

عُرِف كارل بيرسون آنذاك بـ «الرجل العجوز»، وكان له مساعد من الخريجين كما سُمح له بالاحتفاظ بمكتب، ولكن مكتبه كان بعيداً عن المركزين وعن المختبر البيومتري. رغب تشرتشل آيزنهارت Churchill Eisenhart، الذي قدم من أمريكا ليدرس سنة مع فيشر وإيغون بيرسون، برؤية كارل بيرسون،

ولكن لم يشجعه زملاؤه والهيئة التدريسية على ذلك. سألوه، لماذا يودّ أحد ما رؤية كارل بيرسون؟ ماذا باستطاعته أن يضيف إلى الأفكار والنظريات الجديدة المشوقة التي كانت تنبع من ذهن ر.آ. فيشر الخصب؟ ندم آيزنهارت إذ لم يقم أبداً بزيارة كارل بيرسون خلال إقامته في لندن، وتوفي الأخير في العام ذاته.

النظرة الإحصائية الفيشرية إزاء البيرسونية

فَصَلَ الخلاف الفلسفي طريقة التوزيع لدى كارل بيرسون عن طريقة فيشر. لقد رأى كارل بيرسون في التوزيع الإحصائي أنه وصف لمجموعة البيانات الحقيقية التي سيقوم بتحليلها. أما فيشر فكان يرى أن نظرية التوزيع الحقيقي هو معادلة رياضية بحتة، ولا يمكن استعمال البيانات المستوفاة إلا لحساب المتغيرات في التوزيع الحقيقي. وبما أن الحسابات لا تخلو من الخطأ، قدم فيشر وسائل للتحليل تقلل من درجة الخطأ، أو تعطي إجابات أقرب إلى الحقيقة أكثر من أي وسيلة أخرى. بدا في سنة 1930 وكأن فيشر قد فاز بالنقاش، ولكن الرؤيا البيرسونية أحرزت تقدماً في سنة 1970. ما زال المجتمع الإحصائي منقسماً على نفسه ليومنا حول هذا السؤال، رغم أن بيرسون كان لا يقدّر وجهات نظر ورثته من المفكرين. لقد محا ذهن فيشر الرياضي النقي كثيراً من حطام الفوضى الذي منع بيرسون من رؤية طبيعة أفكاره، وكان على بيرسون فيما بعد التعامل مع أعمال فيشر النظرية. سعيت جاهداً في عدة أماكن

في هذا الكتاب إلى متابعة هذه الأسئلة الفلسفية، لأن هناك مشاكل حقيقية في تطبيق النماذج الرياضية على الواقع. وهذا مثال على ذلك.

لقد رأى بيرسون توزيع القياسات أمراً حقيقياً. كان يؤمن بوجود مجموعة كبيرة ولكن محدودة من القياسات لحالة ما، فإن العالم عليه، وبصورة مُثلى، أن يجمع كل هذه القياسات ثم يحدد متغيرات التوزيع الخاصة بها. وإذا تعذر عليه جمعها كلها، يقوم بجمع بيانات كثيرة تمثل نموذجاً للكل، فتكون المتغيرات المحسوبة من المجموعة النموذجية الكبيرة هي ذات المتغيرات للمجموعة بأكملها. كما يمكن استخدام النظريات الرياضية المستعملة لحساب متغيرات الكل، لحساب متغيرات المجموعة النموذجية من غير أخطاء جسيمة.

أما فيشر فإنه كان يرى القياسات على أنها نماذج عشوائية لمجموعة من القياسات الممكنة. وعليه فإن أي حساب لمتغير مبني على مجموعة عشوائية يصبح هو عشوائياً بحد ذاته ولديه توزيع احتمالي. أطلق فيشر على ذلك مصطلح «إحصائية» ليفرق بين هذه الفكرة وفكرة المتغير الضمني، بينما يُعرف حَسَب المصطلحات الحديثة بالـ «المُقَدّر». لو افترضنا وجود أسلوبين لاشتقاق طريقة إحصائية لتقدير متغير ما. يعطي مثلاً الأستاذ الذي يريد أن يحدد مقدار معرفة الطالب (المتغير) مجموعة من الاختبارات (القياسات) ومن ثم يأخذ المعدل (الإحصاء). هل «من الأفضل» أخذ المتوسط كالنتيجة الإحصائية أو «من

الأفضل» أخذ معدل الدرجات العليا والدرجات المنخفضة لمجموعة الاختبارات، أو أنه «يُفضّل» ترك الدرجات العليا والدرجات المنخفضة وأخذ معدل الاختبارات المتبقية؟

وبما أن علم الإحصاء عشوائي، فإنه من غير المجدي التحدث عن دقة كل قيمة بحد ذاتها. وهذا هو السبب نفسه الذي يجعل من غير المفيد، التحدث عن كل قياس وعن مدى دقته. إن كل ما نحتاج إليه هو أداة تعتمد على الاحتمال التوزيعي الإحصائي، تماماً كما تقدم به بيرسون أن القياسات في المجموعة، يجب أن تُقيّم حسب توزيعها الاحتمالي وليس تبعاً لقيمها الخاصة. قدم فيشر عدة أدوات للإحصائية الجيدة:

الانسجام: كلما ازدادت البيانات، كلما كانت الاحتمالات الإحصائية أقرب إلى القيمة الحقيقية للمتغير.

عدم الانحيازية: إذا قمت باتباع طريقة إحصائية ما عدة مرات لمجموعات بيانات متغيرة، فإن معدل قيم الإحصائية سيكون أقرب إلى القيمة الحقيقية للمتغير.

الفعالية: لن تساوي القيم الإحصائية القيم الحقيقية للمتغير، ولكن مجموعة الأرقام الكبيرة في الإحصائية التي تقوم بتقدير المتغير لن تكون بعيدة جداً عن القيم الحقيقية.

في هذه المواصفات قليل من الغموض. لقد حاولت ترجمة المعادلات الرياضية البحتة إلى اللغة الإنجليزية، ووجدت عند التطبيق، أنه يمكن تقييم رؤى فيشر بالاستعمال المناسب للرياضيات.

اقترح الإحصائيون بعد فيشر رؤىً أخرى، حتى إن فيشر نفسه اقترح مقاييس ثانوية في أعمال لاحقة. وتجنباً لهذه الفوضى والمداخلات، من المهم اعتبار أن الإحصاء عشوائي بحد ذاته، وأن أساليبه الجيدة لها خواص احتمالية جيدة. لن نتمكن أبداً من معرفة ما إذا كانت القيم الإحصائية لمجموعة ما من البيانات صحيحة. يمكننا القول بأننا استخدمنا إجراءات تقدم إحصائية تطابق هذه المقاييس.

من المقاييس الثلاثة الأساسية التي قدمها فيشر، فإن الذي لفت الأنظار هو مقياس عدم الانحيازية. قد يكون هذا بسبب كلمة انحياز، وما لمضمونها من رفض أكيد. لا أحد يقبل بالإحصائية المنحازة. تحث الإرشادات الرسمية من منظمة الغذاء والعقاقير الأمريكية U.S. Food and Drug Administration، على استخدام الأساليب التي «تتجنب الانحياز». هناك أسلوب غريب للتحليل (والذي سنناقشه بالتفصيل في الفصل السابع والعشرين)، يدعى بـ «النية في العلاج،» وقد بدأ يسيطر على عدة محاولات طبية لأنه يضمن عدم انحياز النتائج، رغم إهماله لمقياس الفعالية.

غالباً ما يُستخدم الإحصاء المتحيز في واقع الأمر بكثير من الفعالية. نجد إذا دققنا في بعض أعمال فيشر أن الأسلوب المعتمد لتحديد تركيز مادة الكلورين اللازمة لتنقية مخزون المياه المحلية، يعتمد على أساليب إحصائية منحازة (ولكنها منسجمة وفعالة). يعتبر هذا كله درساً في علم اجتماع العلوم، فإن كيفية

نشوء الكلمات لتبيّن مفهوم ما، تحمل في طيّاتها حمل العلوم العاطفي وتؤثر على أفعال الناس.

أساليب فيشر ذات الاحتمالات القصوى

لاحظ فيشر أثناء مراقبته لأساليب الرياضيات، أن الأساليب التي استخدمها كارل بيرسون لحساب متغيرات التوزيع، أنتجت إحصائيات لا تنسجم بالضرورة، بل وغالباً ما تكون منحازة، مع توفر أساليب أكثر فعالية. قام فيشر بتقديم ما أسماه «مُعامل التقدير الأمثل» ذا الأرجحية القصوى MLE، وذلك من أجل إحصائيات منسجمة وفعالة (ليست بالضرورة غير منحازة).

أثبت فيشر بعدها أن الـ MLE منسجم دائماً وأنه الأكثر فعالية من بين كل الأساليب الإحصائية (إذا سمحنا بإدخال بعض الفرضيات المعروفة بـ «الحالات النظامية»). كما برهن أنه حتى لو انحاز الـ MLE فانه يمكن حساب هذا الانحياز ومن ثم طرحه من الـ MLE، مشكلاً نموذجاً إحصائياً منسجماً فعالاً وغير منحاز[1].

(1) قام في سنة 1950 س.ر راو C.R. Rao من الهند وديفيد بلاكويل David Blackwell اللذان يدرّسان في جامعة هاورد Howard University، بتوضيح أنه إذا كانت الحالات القياسية لدى فيشر غير واقعية، فما زال بالإمكان الحصول على أفضل الإحصائيات الفعالة عن طريق الـ M L E. عمل الرجلان باستقلالية تامة وأنتجا نظرية مماثلة، مع فارق واحد لقانون ستغلر في تزييف الأسماء. كانت نظرية الراو-بلاكويل Rao-Blackwell theorem تكريماً لمكتشفيها.

اكتسحت طريقة فيشر للاحتمال الأقوى جموع الإحصائيين الرياضيين لتصبح الأسلوب الأساسي لحساب المتغيرات. ولكن بقيت معضلة واحدة في تقدير الاحتمال الأقوى، إذ كانت هناك مسائل رياضية مروعة تنتظر الحل بال MLEs. كانت أبحاث فيشر مليئة بمادة الجبر المعقدة موضحة اشتقاقات الـ MLE للتوزيعات المختلفة. وكانت تحليلاته الحسابية للتفاوت وللتفاوت المساعد إنجازاً رياضياً رائعاً، استطاع فيه أن يستعمل بعض البدائل الذكية والتحويلات في الفراغ متعدد الأبعاد لإنشاء معادلات أعطت المستخدم جميع احتمالات الـ MLEs التي يحتاج إليها.

احتاجت معظم الحالات المطروحة ورغم عبقرية فيشر، قدرات رياضية غير عادية في الرياضيات لمستخدم الـ MLE. إن علم الإحصاء في النصف الأخير من القرن العشرين يحتوي على الكثير من المقالات الذكية، التي تستفيد من تبسيط العمليات الرياضية للحصول في حالات معينة على تقريب جيد للـ MLE. وفي بحثي للدكتوراه (سنة 1966 تقريباً)، كان علي قبول حل لمسألتي التي لا يمكن حلها إلا بوجود كمية كبيرة من البيانات. تمكنت بافتراض وجود كمية كبيرة من البيانات من تبسيط العملية الاحتمالية لدرجة استطعت بواسطتها حساب القيمة التقريبية للـ M LE.

جاء الكمبيوتر بعد ذلك، الذي لا يعد منافساً للعقل البشري، بل هو مجرد ساحق صابر للأرقام. فهو لا يمل ولا يكل ولا يشعر بالنعاس ولا يرتكب الأخطاء. يقوم بعمليات حساب الضرائب مراراً وتكراراً ولملايين «المرات» ويمكنه إيجاد

قِيَم الـ MLEs باستخدام أساليب تعرف بالـ «الأسلوب التكراري (الخوارزمية) Iterative Algorithms».

الأسلوب التكراري

هو من أوائل الأساليب الرياضية التكرارية التي ظهرت في عصر النهضة الأوروبية (رغم ادعاء ديفيد سمث David Smith في كتابه تاريخ الرياضيات History of Mathematics سنة 1923 أنه وجد نماذج لهذا الأسلوب في ملفات المصريين القدامى والصينيين). كانت توجد مشكلة أساسية لدى البنوك أو مكاتب المحاسبة في شمال إيطاليا إبّان البزوغ الأول للرأسمالية، إذ كان لكل دولة أو بلد عملتها الخاصة بها، وكان يتأتى على مكاتب المحاسبة القدرة على معرفة كيفية تحويل، فلنقل مثلاً حمولة من الخشب تم شراؤها بمبلغ 127 دوكية فينيقية Venetian ducat (وهي عملة أوروبية ذهب) إلى ما تساويه بالدراخما اليونانية، إذا كانت كل 14 دراخما تساوي دوكية واحدة. لدينا الآن الرموز الجبرية للحصول على الناتج. هل تتذكر علم جبر الثانوية ؟ إذا كانت س تساوي القيمة بالدراخما، إذن. . .

لم تكن سهولة الحساب معروفة لمعظم الناس في ذلك الوقت، بالرغم من أن علماء الرياضيات قد بدأوا بتطوير علم الجبر آنذاك. استخدم المصرفيون أسلوباً في الحساب يدعى «قاعدة التنظيم المزيف»، ولكل مكتب محاسبة مفهومه الخاص لتلك القاعدة، يعلّمها لموظفيه تحت غطاء من السرية لأن كل

مكتب يعتقد أن مفهومه هو «الأفضل». كان الإنجليزي روبرت ريكورد Robert Recorde عالم القرن السادس عشر الرياضي مشهوراً في تبسيط الرموز الجبرية الجديدة وجعلها في متناول مدارك الناس. يقدم مفهومه لقاعدة التنظيم المزيف مظهراً قوة الجبر مقارنة بتلك القاعدة، في كتابه بستان الفنون Grovnd of Artes، الذي كتبه سنة 1542:

تعلّق بهذا العمل فإن نهايته سعيدة.
ستصل بقليل من الحظ إلى الحقيقة.
إعمل أولاً بالمسألة ذاتها،
علماً أنك لا تجد الحقيقة هناك.
فهذه مغالطات لها أصول،
وبها ستصل سريعاً للحقيقة.
من قليل إلى كثير،
إجمع القليل ثم القليل.
أو الكثير إلى القليل،
وأضف قليلاً لتجمع الكثير.
وضاعف الأضداد في المنعطفات،
فإن الحقيقة تكمن بين المغالطات.

يقول روبرت ريكورد بإنجليزية القرن السادس عشر، إنه يجب تخمين الإجابة ابتداء، ومن ثم تطبيقها على المسألة. سيكون هناك تعارض بين نتيجة استخدام التخمين وبين النتيجة التي تريدها. تستخدم عندئذ هذا التعارض من أجل تخمين

أفضل. ومن ثم تطبق هذا التخمين الجديد لتستخرج منه تعارضاً جديداً ومن ثم تخميناً آخراً. ستوصلك في النهاية سلسلة التخمينات تلك إلى الإجابة الصحيحة، إذا كنت ذكياً في طريقة حسابك للتعارض. أما قاعدة التنظيم المزيف فإنها تأخذ إعادة واحدة، ويكون التخمين الثاني صحيحاً دائماً. أما أسلوب فيشر للاحتمال الأقصى، فإنه قد يحتاج لمئات بل ملايين الإعادات قبل الحصول على الإجابة الصحيحة.

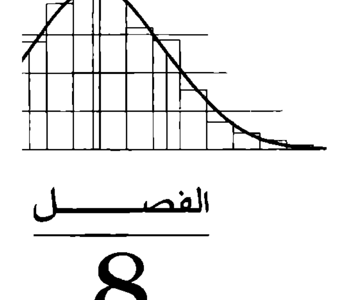
لكن ماذا تعني ملايين الإعادات للكمبيوتر؟ فهي لا تتعدى ومضة عين في عالمنا اليوم. كانت أجهزة الحاسب الآلي منذ فترة قصيرة بطيئة ولم تكن بنفس قوتها الحالية. كان لدي آلة حاسبة قابلة للبرمجة في نهاية الستينيات، وهي تعتبر الآن آلة إلكترونية قديمة تقوم بعمليات الجمع والطرح والضرب والقسمة ولديها أيضاً ذاكرة صغيرة، تتسع لبرنامج يستخدم لحل بعض المسائل الحسابية ليس إلا. إحدى هذه العمليات تغيير سلسلة كتابة البرنامج، فأصبح ممكناً إجراء حسابات مكررة بواسطتها، بيد أن ذلك يستغرق وقتاً طويلاً. قمت ببرمجة الآلة في إحدى فترات الظهيرة، وتفحصت الخطوات الأولى للتأكد من عدم ارتكابي أخطاء، ثم أطفأت أنوار المكتب وعدت إلى منزلي، كانت الحاسبة تقوم في هذه الأثناء بعمليات الجمع و الطرح والضرب والقسمة بهدوء، في داخل أحشائها، وكنت قد برمجتها لتطبع النتائج بين فترة وأخرى. كانت الطابعة جهازاً مزعجاً تصدر أصواتاً عالية مثل «برررراااك».

جاء طاقم التنظيف إلى المبنى وأخذ أحد رجاله المكنسة والمجراف إلى مكتبي. سمع صوت همهمة في الظلام، ورأى وميضاً أزرق من إحدى أعين الحاسب تضيء وتطفئ وهي تجمع وتطرح مرات كثيرة. وفجأة بدأت الآلة بالعمل لتصدر صوت «برراك»، وبعدها أيضاً «برراك، برراك، برراك، بررراااك!» لقد أخبرني رجل التنظيفات لاحقاً أنها كانت تجربة مخيفة له، وطلب مني أن أضع ملحوظة في المرات المقبلة أعلمه بواسطتها أن الحاسب الآلي يعمل.

تعمل أجهزة الحاسب الآلي اليوم بشكل أسرع، محللة الاحتمالات الأكثر تعقيداً. لقد اكتشف البروفيسوران نان ليرد Nan Laird وجيمس وير James Ware من جامعة هارفرد نظاماً قوياً للتكرار، تميزه مرونته عرف بـ أسلوب EM. «إن كل عدد جديد من مجلاتي الإحصائية يصف كيف استطاع أحدهم إخضاع أسلوب الـ E M لما كان يعدّ سابقاً مسائل مستحيلة». ثم ظهرت أساليب أخرى تحت أسماء جذابة مثل الحماية الزائفة simulated annealing وكريغنغ kriging. كما يوجد الأسلوب المتروبوليس Metropolis algorithm وأسلوب الماركاردت Marquardt algorithm، وغيرها تم تسميتها تبعاً لمكتشفيها. وهناك البرامج المعقدة ذات مئات وآلاف السطور من رموز البرمجة التي جعلت من هذه الحسابات المتكررة «سهلة الاستخدام».

لقد كانت طريقة فيشر في التقدير الإحصائي انتصاراً كبيراً. أسلوب الاحتمالية الأقوى حكم العالم، وبقيت أساليب بيرسون

مهجورة في التاريخ المهمل. ولكن ظهر في ذلك الوقت وفي الثلاثينات تحديداً» عندما بدأ فيشر يعرف أخيراً بإنجازاته في نظرية الإحصاء الرياضي، ولما كان في الأربعين من عمره وفي كامل نضجه وقوته، في ذلك الوقت بالذات ظهر عالم رياضيات بولندي اسمه جيرزي نيمان Jerzy Neyman، الذي بدأ بطرح مسائل أهملها فيشر.



الفصل

8

الجرعة القاتلة

يُنظّم المجتمع البيومتريكي اجتماع الربيع في شهر آذار/ مارس من كل سنة في مدينة جنوبي الولايات المتحدة. ويتسنى لنا نحن سكان الشمال زيارة مدن كمدينة لويزفيل Louisville أو ميمفيس Memphis أو أتلانتا Atlanta أو نيو أورلينز New Orleans، لاستنشاق نسيم الربيع، والاستمتاع برؤية الأزهار والثمار قبل أسابيع من إزهارها في مناطقنا. تُقام الجلسات كما في لقاءات علمية أخرى، فيقدم فيها ثلاثة أو أربعة متحدثين أبحاثهم، ويقوم المناقشون والمستمعون بنقد تلك الأبحاث ومناقشة استنتاجاتها أو اقتراح البدائل. غالباً ما يكون هناك مجموعتان صباحيتان متزامنتان من الجلسات، فاستراحة الغداء يتبعها مجموعتان من الجلسات فترة بعد الظهر، وغالباً ما تكون الجلسة الأخيرة قرابة الخامسة بعد الظهر. يعود المشاركون إلى غرفهم في

الفندق ثم يلتقون بعد ذلك بنحو ساعة ونصف كجماعات صغيرة، ويخرجون للعشاء متذوقين مطاعم المدينة.

جرت العادة أن يتقابل الأصدقاء خلال الاجتماعات ليتفقوا على تناول العشاء سوية. فاتني ذلك في أحد الأيام إذ اندمجت في نقاش طويل ممتع مع أحد محاضري فترة ما بعد الظهيرة. لم أُنسّق معه تناول العشاء لأنه من سكان المنطقة، وكان متجهاً إلى منزله، فلم يبق أحد في الصالة غيرنا بعد ما انتهينا من مناقشتنا. صعدت إلى غرفتي واتصلت بزوجتي فتحدثت مع أطفالي ونزلت ثانية إلى قاعة الفندق، علّي أجد مجموعة أعرفها وأجلس معها.

كانت القاعة خاليةً تقريباً من الناس عدا رجل طويل، أبيض الشعر يجلس بمفرده على أحد الكراسي. لقد عرفته إذ كان تشيستر بليس Chester Bliss مخترع النماذج الإحصائية الأساسية التي استُخدمت في تحديد علاقات ردود أفعال جرعات الدواء والسموم، وكنت قد حضرت جلسته صباحاً عندما قدَّم بحثه. دنوت منه وقدَّمت نفسي وأثنيت على حديثه. دعاني للجلوس معه، فجلسنا سوية نتحدث عن الإحصاء والرياضيات. لقد كان ممكناً التحدث عن مثل هذه المواضيع بل حتى تبادل النكات. اتفقنا على تناول العشاء معاً حيث لم يكن لأحدنا برنامج معين لتلك الليلة. لقد كان رفيق عشاء ممتعاً بقصصه الغنية وتجاربه. وكنا في لقاءات لاحقة لسنوات تلت نتناول العشاء سوية بعض الأحيان. كما كنت أراه دائماً

عند حضوري محاضرات يقيمها القسم الإحصائي في جامعة يل Yale University، حيث كان يدرّس.

ينتمي بليس لبيئة وسط غرب أمريكا. كان والده طبيباً وأمه مدبرة منزل، ولديه عدة أخوة وأخوات. كان اهتمامه الأول بالأحياء، فدرس علم الحشرات في الكلية. عمل بعد تخرجه في نهاية العشرينات كعالم حشرات في وزارة الزراعة الأمريكية، ومن ثم انهمك في تطوير مبيدات الحشرات. لاحظ سريعاً أن التجارب الميدانية الخاصة بمبيدات الحشرات، تستخدم متغيرات غير مضبوطة من الصعب ترجمتها، لذا بدأ يحضر لسلسلة من التجارب المخبرية الداخلية للحشرات. قدم له أحدهم كتاب ر.آ. فيشر، الأساليب الإحصائية للباحثين، فابتدأ بقراءة أبحاث فيشر الرياضية في أثناء محاولته فهم ما خفي وراء أساليب فيشر الموضَّحة في كتابه.

التحليل الاحتمالي

بدأ بليس، متتبعاً خطى فيشر، بتحضير تجارب مخبرية يضع فيها مجموعة من الحشرات تحت أوعية زجاجية، ويعرضها لعدة تركيبات وجرعات من المبيدات، ولاحظ ظاهرة شيقة أثناء إجرائه هذه التجارب. فمن ناحية ومهما كانت قوة تركيز المبيد، تبقى عينة أو اثنتان أحياء بعد التعرض للمبيد، ومن ناحية أخرى، ومهما كان المبيد ضعيف التركيز فإنه سيقتل بعض الحشرات بمجرد تعرضها له.

من المفيد، مع هذه المتغيرات الواضحة، وضع نموذج لآثار مبيدات الحشرات على طريقة بيرسون في التوزيع الإحصائي، ولكن كيف السبيل لذلك؟ قد يستعيد القارئ تلك اللحظات المزعجة في الثانوية عند الانتقال في مادة الجبر إلى المسائل الكلامية. كأن يكون هناك السيد (أ) والسيد (ب) يجدفان في مياه راكدة، أو ضد تيار هادئ، أو قد يخلطان الماء بالزيت، أو يقذفان بالكرة إلى الأمام وإلى الخلف. ومهما كان الأمر، فإن المسألة الكلامية قد تعرض بعض الأرقام ومن ثم تطرح الأسئلة، وعلى الطالب المسكين أن يضع هذه الكلمات بمعادلة لاستخراج قيمة (س). وقد يذكر القارئ عندما كان يتصفح الكتاب المدرسي ليبحث عن مسألة مشابهة كنموذج محاولاً أن يطابق الأرقام الجديدة على تلك المعادلة.

نجد المعادلات معدة مسبقاً في مادة جبر الثانوية، فإن الأستاذ يعرفها أو يستطيع إيجادها في كتب المدرسين. تخيّل معادلة كلامية لا يستطيع أحد أن يحولها إلى معادلة رياضية، إما لزيادة المعلومات أو لعدم إمكانية استعمالها، أو لاختفاء معلومات هامة، أو لعدم وجود مثال مشابه لها في الكتاب. هذا ما يحدث عندما نحاول تطبيق النماذج الإحصائية على مشاكل الحياة الحقيقية، وهو ما حصل عندما حاول تشستر بليس تطبيق الأفكار الرياضية الجديدة للتوزيع الاحتمالي في تجاربه مع مبيدات الحشرات.

أوجد بليس نظاماً أسماه «التحليل الاحتمالي». وتطلب

اختراعه قفزات واضحة عن الفكر الأساسي، فلم يكن هناك شيء في أعمال فيشر، أو أعمال «طالب» أو أي عمل آخر يشير إلى الخطوات التي ينبغي اتّباعها. لقد استخدم كلمة احتمالي لأن النموذج الذي أعده قارن الجرعة مع احتمالية موت الحشرة بتلك الجرعة. يدعى أهم متغير أنتجه نموذجه بـ «جرعة الـ 50٪ المميتة» وغالباً ما يطلقون عليها LD-50 وهي جرعة المبيد ذي احتمالية 50٪ للإبادة، فإذا عرّضنا المبيد لعدد كبير من الحشرات، فإن 50٪ منها ستموت بتأثير LD-50. ومن نتائج نموذج بليس الأخرى أنه يستحيل تحديد الجرعة اللازمة لقتل عينة ما.

تم تطبيق التحليل الاحتمالي بنجاح على مسائل في علم السموم، بل إن الأبعاد الجديدة التي حصلنا عليها من التحليل الاحتمالي، تمثل دعائم كثير من أصول علم السموم. يقدم التحليل الاحتمالي أساساً رياضياً لمبدأ فيزيائي القرن السادس عشر باراسيلسوس Paracelsus: «إن الجرعة وحدها هي التي تجعل الشيء غير سام». وهكذا فإن كل المواد تعتبر سامة إذا أعطيت بجرعات عالية، وكل المواد تكون غير سامة إذا أعطيت بجرعات قليلة. أضاف بليس لهذا المبدأ شكوكاً مصاحبة لبعض النتائج.

يموت أو يمرض كثير من الحمقى بسبب استعمالهم المخدرات، مثل الكوكايين أو الهيروين أو بسبب السرعة، بينما يرون غيرهم يستخدمونها ولا يموتون. فهم مثل حشرات بليس، تنظر حولها وترى بعض الحشرات ما زالت حية، علماً

أن رؤية الآخرين أحياء لا يضمن بقاءهم أنفسهم. لا توجد طريقة لتنبؤ رد فعل حالة ما. كما في ملاحظات نماذج بيرسون الإحصائية، فهذه «الأمور» ليست مهمة للمادة العلمية، بل ما يهم هو حساب التوزيع الاحتمالي ومتغيراته (مثل حساب LD-50).

اقترح بليس ذات مرة التحليل الاحتمالي[1]، واقترح

(1) يلعب قانون ستيغلر في تزييف الأسماء misonomy دوراً في التحليل الاحتمالي. لقد كان واضحاً أن بليس هو أول من قدم هذا الأسلوب من التحليل، لكن الأسلوب تطلب مرحلتين من الحسابات المكررة واستيفاء في إتمام الجداول. قدم سنة 1953 فرانك ولكوكسن Frank Wilcoxon من السيانميد الأمريكي American Cyanamid مجموعة من الرسوم البيانية التي تساعد المستخدم على حساب الاحتمالية بوضع مسطرة على الخطوط المعلّمة، وتم نشر ذلك في دراسة لـ ج. ت. ليتشفيلد و ولكوكسن J.T. Litchfield and Wilcoxon. قام المؤلفان بإضافة ملحق أعادا فيه المعادلات التي قدمها فيشر وبليس وذلك كي نثبتا صحة الحلول البيانية وأنها تعطي الإجابة الصحيحة. قام صيدلاني غير معروف في نهاية الستينيات بإعطاء ذلك البحث إلى مبرمج غير معروف، الذي استخدم الملحق لكتابة برنامج كمبيوتر لتشغيل التحليل الاحتمالي (عن طريق حلول بليس المتكررة)، واستخدم بحث ليتشفيلد وولكوكسن كمرجع في ملاحظات برنامجه. ظهرت برامج أخرى في التحليل الاحتمالي لدى شركات عدة وفي أقسام الصيدلة التعليمية، وكلها مشتقة من البرنامج الأصلي الذي استخدم في ملاحظاته بحث ليتشفيلد وولكوكسن كمرجع. وهكذا أصبح التحليل الاحتمالي الذي يعمل بهذا البرنامج يظهر في أبحاث علوم الصيدلة والسموم، واستخدم بحث ليتشفيلد وولكوكسن في المراجع «كمصدر» للتحليل الاحتمالي. وكذلك في فهرس الاستشهاد العلمي Science Citation Index ، والذي يجدول كل المراجع المستخدمة في معظم الأبحاث، أصبح بحث ليتشفيلد وولكوكسن هذا من اكثر الأبحاث=

آخرون توزيعات رياضية مختلفة. وعادة ما تقدم برامج الحاسب الآلي لحساب الـ LD-50 للمستخدم، مجموعة من النماذج المختلفة التي أجرت تحسيناً على عمل بليس. تشير الدراسات التي استعملت البيانات الحقيقية إلى أن كل هذه البدائل، تقدم حسابات مشابهة لحساب الـ LD-50، بالرغم من اختلافهم في حسابات الجرعات المصاحبة لاحتمالات ضعيفة مثل الـ LD-10.

يمكن استخدام التحليل الاحتمالي، أو أي من النماذج البديلة لحساب الجرعة المميتة، مثل الـ LD-25 أو الـ LD-80 التي ستبيد ما نسبته 25٪ أو 80٪ على التوالي، وتزداد ضخامة التجربة التي نحتاج إليها للحصول على حسابات جيدة كلما ابتعدنا عن نقطة الـ 50٪. شاركت مرة في دراسة لتحديد LD-10 لمركب يسبب السرطان في الفئران. استخدمت التجربة على 65000 فأر، وأشارت تحاليل النتائج النهائية أننا لم نتوصل إلى تقديرات جيدة للجرعة التي تسبب السرطان لنسبة 1٪ من الفئران. أظهرت حسابات الدراسة حاجتنا لبضعة مئات ملايين الفئران كي نحصل على نتائج مقبولة للـ LD-10.

بليس في لينينغراد LENINGRAD السوفييتية أثناء فترة إرهاب ستالين STALIN

انقطع تشستر بليس عن عمله الأولي في التحليل

= استشهاداً عبر التاريخ، ليس بسبب عمل ليتشفيلد وولكوكسن العظيم بل بسبب التحليل الاحتمالي لبليس الذي أثبت فائدته العظيمة.

الاحتمالي سنة 1933. تم انتخاب فرانكلين د. روزفيلت Franklin D. Roosevelt رئيساً للولايات المتحدة الأمريكية. أوضح روزفيلت في حملته الإعلانية للرئاسة أن العجز الفدرالي في الميزانية هو سبب الركود الاقتصادي الحاصل، ووعد بإيقاف هذا العجز القومي وتقليص حجم الحكومة. ولم يكن ذلك إلا وعوداً لم تتعدَ برنامج الحملة. عند استلام الرئيس الجديد عمله بدأ بعض الموظفين بتسريح موظفي الحكومة غير اللازمين متبعين سياسة الحملة. وقام المساعد الثاني لوكيل وزارة الزراعة والمسؤول عن تطوير مبيدات الحشرات بمتابعة ما يقوم به المركز، واكتشف أن أحدهم حاول بحماقة أن يجري تجارب على المبيدات داخل المختبر، بدلاً من تجربتها خارجاً حيث توجد الحشرات. تم إغلاق مختبر بليس ومن ثم تم طرده، فصار عاطلاً عن العمل إبان الركود الاقتصادي الكبير. لم يعد مهماً أنه اكتشف التحليل الاحتمالي، فلم يتوفر عمل لعالم حشرات ترك عمله، خاصة لمن كان يعمل مع الحشرات داخلياً بدلاً من خارجياً حيث تعيش.

اتصل بليس بـ ر.آ. فيشر الذي استلم منصباً جديداً في لندن. عرض فيشر المساعدة وقدم له بعض التسهيلات المخبرية، ولكن لم يكن لديه عمل له، ولم يستطع أن يدفع راتباً لعالم الحشرات الأمريكي. ذهب بليس إلى إنجلترا وعاش مع فيشر وعائلته لعدة شهور. قام مع فيشر بالتدقيق في منهاج التحليل الاحتمالي. وجد فيشر بعض الأخطاء الرياضية، واقترح

بعض التعديلات التي جعلت النتائج الإحصائية أكثر فعالية. نشر بليس بحثاً جديداً مستفيداً من اقتراحات فيشر، وأدمج فيشر الجداول الإحصائية الضرورية في الطبعة الجديدة للكتاب الذي ألفه بالتعاون مع فرانك ييتس Frank Yates.

وبعد أقل من سنة لوجوده في إنجلترا، عثر فيشر على وظيفة لبليس، وكانت في معهد لينينغراد للنباتات Leningrad Plant Institute في الاتحاد السوفييتي. تخيلوا ذاك الرجل الطويل النحيف القادم من وسط أمريكا الغربي، تشيستر بليس الذي لم يكن لديه اهتمامات سياسية، والذي لم يتمكن من تعلم لغة أخرى، يغادر أوروبة بالقطار وليس لديه سوى حقيبة صغيرة لملابسه، فيصل إلى محطة لينينغراد لما بدأ الديكتاتور المتحجر السوفييتي ستالين Stalin، حملته التطهيرية بسفك دماء موظفي الحكومة المهمين منهم وغير المهمين.

استُدعيَ إلى موسكو بُعَيد وصول بليس، رئيس الرجل الذي وظفه - ولم يظهر ثانية. وبعد مضي شهر استُدعيَ الرجل الذي وظف بليس إلى موسكو - «وانتحر» في طريق عودته. هرب الرجل المسؤول بعد بليس في المختبر، بعد أن تمكن من التسلل عبر الحدود الليتوانية.

انهمك بليس في هذه الأثناء في عمله معالجاً مجموعات مختارة من الحشرات الروسية، بتركيبات مختلفة من المبيدات مستنتجاً احتمالاتها والـ LD-50s. استأجر غرفة في بيت قرب

المعهد لامرأة لا تتكلم إلا الروسية، بينما لا يتكلم هو سوى الإنجليزية، ولكنه أخبرني أنه استطاع التفاهم معها جيداً بالإشارة والإيماء. قابل بليس شابة أمريكية تركت جامعتها من أجل المشاركة بتجربة روسيا الاشتراكية، فأتت مفعمة بالروح المثالية والعمى العقائدي لحقيقة الدعوة الماركسية اللينينية. فتصادقت مع أُحادي اللغة تشستر بليس الفقير، وساعدته بالتسوق والتجول في أنحاء المدينة. كانت عضواً في الحزب الاشتراكي المحلي، وكان الحزب على دراية بأمر بليس كله، متى تم تعيينه، وصوله إلى روسيا، مكان سكنه، وطبيعة عمله في المختبر.

أخبرته ذات يوم أن بعض أعضاء الحزب يظنون به جاسوساً أمريكياً. حاولت الدفاع عنه موضحة أنه مجرد عالم بسيط وساذج لا اهتمام له سوى تجاربه العلمية. سبق السيف العذل إذ تم إخبار موسكو بهذه الشكوك فأرسلوا فريقاً للتحقيق إلى لينينغراد.

اجتمعت الهيئة في معهد لينينغراد للنباتات، وقامت باستدعاء بليس لاستجوابه. تمكن فور دخوله الغرفة من التعرف على أعضاء الهيئة، إذ أخبرته صديقته عنهم. فلم يسألوه إلا بضعة أسئلة وإذ به يقول، «أرى بينكم البروفيسور فلان (لم يتمكن بليس من تذكر اسمه عندما روى لي القصة). لقد قمت بقراءة أبحاثه، فهل يتبع في أسلوبه عن التجارب الزراعية تعاليم القديسين ماركس ولينين؟» تردد المترجم قليلا وساد جو من الإثارة بين أعضاء الهيئة لما ترجم السؤال، فطلبوا منه الإفصاح عما يعنيه.

سأل بليس، «هل أن أسلوب البروفيسور فلان هو مسار الهيئة الرسمي؟ وهل هذه هي الطريقة التي ترغب بها الهيئة في إجراء التجارب الزراعية؟».

كانت الإجابة نعم إنها الطريقة الصحيحة لفعل الأمور.

قال بليس «فإنني إذن منتهك حرمات دينكم». ثم مضى في توضيح أساليب البحث الزراعي التي يقترحها ذاك الرجل أنها تتطلب مساحات كبيرة من الأرض لمعالجتها جميعها بطريقة واحدة. ثم قال بليس بأنه يعتبر مثل هذه التجارب عديمة الفائدة، وأشار أنه يؤيد استخدام الأراضي المتجاورة الصغيرة مع تقديم علاج مختلف للصفوف الموجودة في تلك الأراضي.

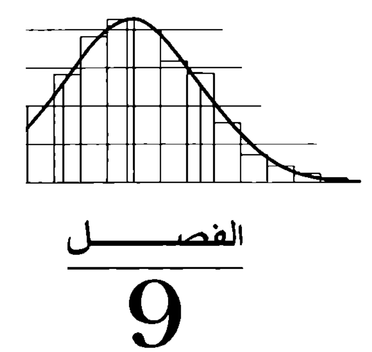
ولم يستمر الاستجواب طويلاً، وأخبرته صديقته مساءً قرار الهيئة أنه ليس جاسوساً. فقد كان واضحاً وصريحاً، وكما أخبرتهم، كان عالماً بسيط التفكير منشغلاً في تجاربه.

استمر بليس في عمله لبضعة أشهر في معهد لينينغراد للنباتات. لم يعد لديه رئيس بعد الآن. لقد فعل ما اعتقده صحيحاً. كان عليه أن يلتحق باتحاد العمال الاشتراكي لعاملي المختبرات، إذ يتحتم على كل عامل في روسيا أن ينتمي إلى اتحاد عمال حكومي، وفيما عدا ذلك فقد تركوه وحيداً. رفضت الخارجية الأمريكية طلبه بجواز سفر أمريكي في الخمسينات بسبب التحاقه بمنظمة اشتراكية.

جاءته صديقته ذات يوم مسرعة إلى المختبر قائلة: «يجب

أن ترحل فوراً» اعترض لعدم إنهائه تجاربه ولأنه لم يكتب ملاحظاته بعد. فبدأت تدفعه عن أوراقه وتعطيه معطفه ليغادر. كان عليه أن يرحل من غير تأخير. أخبرته أن يدع كل شيء وراءه. وبدأت تراقبه وهو يجمع أشياءه في حقيبته الصغيرة مودعاً صاحبة المنزل. تابعته صديقته حتى وصل إلى المحطة وأصرت أن يتصل بها فور وصوله سالماً إلى ريغا Riga.

بدأت مع بداية الستينيات أيادي القهر بالتراخي قليلاً في الاتحاد السوفييتي. التحق العلماء السوفييت ثانية بالركب العلمي العالمي، وقام المعهد الإحصائي العالمي International Statistical Institute (الذي كان تشيستر بليس عضواً فيه) بتنظيم لقاء في لينينغراد. كان بليس خلال الجلسات يبحث عن أصدقائه القدامى من الثلاثينات. توفي معظمهم بسبب الاعتداء عليهم خلال فترة التطهير في عهد ستالين أو أنهم ماتوا في الحرب العالمية الثانية. والوحيدة التي بقيت حية هي صاحبة المنزل. قاما بتحية بعضهما بالإيماء وبهز الرأس، فحياها بالإنجليزية وردت عليه التحية بالروسية.



الفصل

9

المنحنى الجرسي

قد يعتقد من قرأ فصول هذا الكتاب الثمانية الأولى، أن الثورة الإحصائية حصلت في بريطانيا فقط. قد يكون هذا صحيحاً إلى حد ما، إذ كانت المحاولات الأولى لتطبيق النماذج الإحصائية على الدراسات الحيوية والزراعية في بريطانيا كما في الدانمرك، ثم انتشرت بعد ذلك وبتأثير من ر.آ. فيشر في الولايات المتحدة والهند وأستراليا وكندا. ورغم كثافة التطبيقات الأولية للنماذج الإحصائية في مناطق الناطقين بالإنجليزية، إلا أن للقارة الأوروبية تراثاً رياضياً معروفاً، وكان رياضيو أوروبة يعملون على المسائل النظرية المتعلقة بالنماذج الإحصائية.

كانت نظرية الحد المركزي في المقام الأول بين تلك النماذج، إذ كانت ولغاية أوائل الثلاثينات نظرية غير مثبتة. لقد كان مجرد حدس لم يستطع

أحد إثباته. افترضت أعمال فيشر النظرية لقيمة العملية الاحتمالية صحة هذه النظرية. قام بيير سيمون لابلاس Pierre Simon Laplace في بداية القرن التاسع عشر بضبط أسلوبه في التربيع الأدنى مع تلك الفرضية. طوّرَت العلوم النفسية تقنية قياس الذكاء ومقاييس الخلل العقلي التي استندت على نظرية الحد المركزي.

ماهية نظرية الحد المركزي

هناك توزيع إحصائي لمعدل مجموعة كبيرة من الأرقام. وتوضح نظرية الحد المركزي، أنه يمكن تقريب هذا التوزيع عن طريق التوزيع الاحتمالي الطبيعي، بغض النظر عن مصدر هذه البيانات، وهذا التوزيع الاحتمالي الطبيعي هو مثل معامل الخطأ لدى لابلاس. ويدعى أحياناً «التوزيع الغاوسي»، كما وُصف بـ«المنحنى الجرسي» في أعمال أخرى. أثبت أبراهام دي موافر Abraham de Moivre في نهاية القرن الثامن عشر أنه يمكن تطبيق نظرية الحد المركزي على مجموعة من الأرقام البسيطة لألعاب الحظ. لم يحدث تطوير لذلك الحدس خلال السنوات المئة وخمسين التي تلت.

لقد تم افتراض صحة هذا الحدس لاستعماله التوزيع الطبيعي في وصف معظم البيانات. فمتى افترضنا إدخال التوزيع الطبيعي، تصبح الحسابات الرياضية سهلة التشكيل. للتوزيع الطبيعي خواص جيدة، فإذا كان لدينا متغيران عشوائيان لهما

توزيع طبيعي، يكون لمجموعها بالتالي توزيع طبيعي أيضاً. وبشكل عام فإن حاصل الجمع واختلافات المتغيرات الطبيعية لها توزيع طبيعي، لذلك فإن كثيراً من الإحصائيات المشتقة من المتغيرات الطبيعية لها توزيع طبيعي كذلك.

للتوزيع الطبيعي متغيران فقط من متغيرات كارل بيرسون الأربعة، وهما الوسط والانحراف القياسي، أما التناظر وقياس الذروة فقيمتهما تساوي الصفر. بالإمكان معرفة كل القيم الباقية بمجرد معرفة قيمة هذين العددين. أوضح فيشر أن تقديرات قيم الوسط والانحراف القياسي المأخوذة من مجموعة بيانات، هي وافية كما أطلق عليها، إذ تحتوي على كل المعلومات الموجودة في البيانات. فلا داعي للاحتفاظ بالقيم الأصلية، لأن هذين الرقمين يحويان كل ما يمكن اكتشافه من تلك القياسات. أما إذا كان هناك قياسات كافية تسمح بتقدير أدق للوسط والانحراف القياسي، فلا حاجة إذن لقياسات أخرى، وفي جمعها مضيعة للجهد. فإذا كنت مثلاً ترغب في معرفة المتغيرين للتوزيع الطبيعي ضمن رقمين محددين فإنك تحتاج فقط لخمسين قياساً.

إن سهولة التشكيل الرياضية للتوزيع الطبيعي تفيد أنه يمكن للعالم اتخاذ نماذج معقدة من العلاقات. وما دام التوزيع الضمني طبيعياً فإنه يمكن التعامل وبقليل من الجبر مع الدالة الاحتمالية لدىٰ فيشر. حتى بالنسبة للنماذج المعقدة التي تحتاج حلولاً مكررة، أصبحت حسابات الـ EM لنان ليرد وجيمس وير

Nan Laird and James Ware سهلة الاستعمال، وخاصة إذا كانت التوزيعات طبيعية. يعتبر الإحصائيون في المسائل النموذجية كل البيانات أنها طبيعية التوزيع لسهولة تشكيلها رياضياً، ولكن عليهم حينها التعامل مع نظرية الحد المركزي.

ولكن هل كانت نظرية الحد المركزي صحيحة؟ أو بمعنى أدق، ما هي الحالات التي تكون فيها صحيحة؟

قامت مجموعة من علماء الرياضيات الاسكندنافيين والألمان والفرنسيين ومن الاتحاد السوفييتي في العشرينات والثلاثينات من القرن الماضي، بمتابعة هذه الأسئلة مستخدمين وسائل رياضية حديثة تم اكتشافها مع بداية القرن العشرين، وقابل ذلك كارثة وشيكة الحدوث لكل الحضارة، نهوض فساد المركزية.

لا يحتاج عالم الرياضيات الى مختبر بمعدات باهظة. كانت معدات عالم الرياضيات في العشرينات والثلاثينات لوحاً أسود وطباشير. من الأفضل إجراء العمليات الرياضية على لوح سبوري بدلاً من الورقة لسهولة المسح، حيث إن الأبحاث الرياضية مليئة بالأخطاء. قليل من علماء الرياضيات يستطيعون العمل بمفردهم، فإذا كنت منهم فإنك تحتاج أن تتحدث عما تفعله إلى آخرين، وأن تعرض عليهم أفكارك الجديدة لنقدها. فمن السهل جداً ارتكاب الأخطاء، أو أن إضافة فرضيات خافية عنك لكنها لا تخفى على غيرك. هناك جمعية رياضية عالمية لتبادل الرسائل وتنظيم الاجتماعات ومناقشة أبحاث الآخرين

للنقد وطرح الأسئلة واكتشاف التشعبات. قام في بداية الثلاثينات كل من الألمانيين وليام فيللر William Feller وريتشارد ڤون مايزيز Richard Von Mises والفرنسي بول ليڤي Paul Levy والروسي آندريه كولموغوروف Andrei Kolmogorov والاسكندنافيين يارل فالديمار ليندبيرغ Jarl Waldemar Lindeberg وهارالد كريمر Harald Cramer والنمسويين أبراهام فالد Abraham Wald وهيرمان هارتلي Herman Hartley والإيطالي غيدو كاستلنيوفو Guido Castelnuovo ، وآخرين غيرهم ممن هم على اتصال بهم، قاموا جميعاً بفحص حدس الحد المركزي بتلك الأدوات الجديدة.

لقد كان لهذه الحرية والسهولة في التفاعل العلمي أن تتوقف . فقد أوشك إرهاب ستالين المظلم، ونظريات النازيين العرقية، وأحلام موسوليني بالإمبراطورية على هدم ومحو تلك الحريات. أتقن ستالين عمله في التلاعب بالمحاكمات وإلقاء القبض على الناس في منتصف الليل، وقتل وتهديد كل من يشك في ولائه، بينما ساق هتلر ومجرموه العلماء اليهود (في المقام الأول) من الجامعة إلى مخيمات الأعمال الشاقة. وقام موسوليني بحجز الناس فيما أسماه بـ «الطبقات التعاونية».

يحيا الموت!

وكمثال لهذا التطرف ضد المعرفة، ما حدث في الحرب الأهلية الإسبانية، عندما تجابه توأما الشر من الفاشية والستالينية

في حرب ذهبت بأرواح الشباب الإسبان. كان الكتائبيون (كما أطلق على فاشية الإسبان) يسيطرون على جامعة سالامانكا Salamanca القديمة، وكان رئيسها آنذاك الفيلسوف الإسباني المشهور ميغيل دي أنامونو Miguel de Unamuno وهو في أوائل السبعينات من عمره. وكان الفاشي الجنرال ميلان آستري Milan Astray، الذي فقد رجلاً وذراعاً وعيناً في الحرب، رئيس الحملة التبشيرية للقوى الحاكمة الجديدة، وكان شعاره يحيا الموت! وكان مثال الانحراف العقلي بشيطانيته المتمثلة بجسمه العاجز، وكأنه الملك الشكسبيري ريتشارد الثالث Shakespeare's King Richard III.، أقام الفاشيون احتفالاً كبيراً في قاعة الاحتفالات بجامعة سالامانكا. كان على المنصة الحاكم الجديد للمنطقة السينيور فرانسيسكو فرانكو Senora Francisco Franco، وميلان آستري، وقسيس سالامانكا، وكبير السن ميغيل دي أنامونو الذي قادوه معهم كشعار لانتصاراتهم.

صاح ميلان آستري، فليحيا الموت! فسمع كل في القاعة صدى صوته. صاح آخر، إسبانيا! فأجابته الحشود إسبانيا! فليحيا الموت! وانتظم الفاشيون واقفين بزيهم الأزرق لأداء تحيتهم لصورة فرانكو Franco فوق المنصة. وقف أنامونو في وسط هذا الضجيج واتجه بهدوء إلى مقدمة المنصة، وابتدأ خطبته بهدوء:

> كلكم تنتظرون ما سأقول، وكلكم تعرفونني وتدركون
> أنني لا أستطيع لزوم الصمت. إذ يكون الصمت أحياناً

> كالكذب، لأنه قد يفسر بالإذعان. أريد أن أعلق على الخطبة - لأسميها - للجنرال ميلان آستري... لقد سمعت للتو صرخة رغبة بالموت لا معنى لها: «فليحيا الموت». وأنا الذي قضيت حياتي أؤلف العبارات المتناقضة... علي إخباركم كخبير ذي سلطة، أنني أرفض هذه العبارات المتناقضة والغريبة. إن الجنرال ميلان آستري عاجز ... عاجز بسبب الحرب... وهناك لسوء الحظ كثيرون غيره عاجزون في أسبانيا حالياً. وسيزداد عددهم إذا لم يأت الإله لإعانتنا .

نحى ميلان آستري أنامونو جانباً وصاح هاتفاً فليسقط الفكر ويحيا الموت Aboja la inteligencia! Viva la muerte! واندفع الفاشيون بصياحه هذا لإيقاف أنامونو، ولكن الرئيس العجوز استمر قائلاً:

> إن هذا معبد للفكر وإنني رئيس أساقفته. وإنكم أنتم من يقوم بانتهاك حرماته المقدسة. سوف تفوزون بسبب قواكم الجبارة العنيفة. ولكنكم لن تقنعوا أحدا، فالإقناع يحتاج للحجة والحجة تحتاج لما تفتقدونه: المنطق والصّحة...

تم احتجاز أنامونو في المنزل ثم أعلن خلال شهر عن موته «وفاة لأسباب طبيعية».

قطع إرهاب ستالين الصلة بين علماء الرياضيات الروس وغيرهم من الأوروبيين. وأتلفت سياسة هتلر العرقية الجامعات

الألمانية، لأن معظم العلماء كانوا من اليهود أو متزوجين من يهوديات، أو من غير اليهود الذين عارضوا المخططات النازية. ذهب وليام فيللر William Feller إلى جامعة برنستون Princeton University، بينما ذهب آبراهام فالد إلى جامعة كولومبيا. أما هيرمان هارتلي وريتشارد فون مايزيز فقد ذهبا إلى لندن. هرب إميل ج غامبل Emil J. Gumble إلى فرنسا، وأعطي إيمي نوزر Emmy Noether منصباً مؤقتاً بكلية برين مور Bryn Mawr في بنسلفانيا.

لم يتمكن الجميع من النجاة، فقد أغلقت أبواب الهجرة الأمريكية لكل من لم يستطع إثبات أن لديه وظيفة تنتظره في الولايات المتحدة. كما فتحت ثم أغلقت أمريكا اللاتينية أبوابها بإشارات من بيروقراطيين تافهين. قامت القوات النازية عندما استولت على وارسو Warsaw، بتعقب جميع أعضاء هيئة جامعة وارسو التدريسية، فقتلوهم شر قتلة ودفنوهم دفناً جماعياً. كان البولنديون والسلافيون في العالم النازي العرقي هم الطبقة غير المتعلمة يخدمون سادتهم الآريين، فهلك الكثير من الطلاب الشباب الممتازين في الجامعات الأوروبية القديمة. أما علماء الرياضيات السوفييت الأساسيين، فقد لجأوا الى نظرياتهم الرياضية البحتة من غير محاولة تطبيقها ليكونوا بمأمن من شكوك ستالين الباردة.

استطاع علماء الرياضيات الأوروبيون حل مسألة نظرية الحد المركزي قبل أن تبلغ كل هذه الصعاب ذروتها. قام

الفنلندي يارل فالديمار ليندبيرغ والفرنسي بول ليڤي باكتشاف مجموعة من الحالات المتداخلة اللازمة لصحة ذلك الحدس. اتضح وجود ثلاثة مداخل على الأقل للمسألة، ومجموعة من نظريات الحد المركزي بدلاً من نظرية واحدة فقط، يُشتقّ كل منها من مجموعة حالات دقيقة الاختلاف. لم تعد في سنة 1934 نظريات الحد المركزي تلك مجرد حدس، فكل ما توجب إثباته لتتحقق نظرية الحد المركزي هو صنحة حالات ليندبيرغ ـ ليڤي، وللعلماء الحرية في افتراض التوزيع الطبيعي كنموذج ملائم.

التحول من ليندبيرغ ـ ليڤي إلى إحصائيات

لكنه يصعب أحيانا إثبات صحة حالات ليندبيرغ ـ ليڤي. من المريح التعرف على حالات ليندبيرغ ـ ليڤي، لأنها تصف حالات قريبة إلى المنطق وصحيحة في غالبية الحالات تقريباً. لكن إثبات صحتها مسألة أخرى. وهنا تكمن أهمية محاولات واسيلي هويفدنغ Wassily Hoeffding من جامعة كارولاينا بعد الحرب، فقد نشر سنة 1948 بحثاً «مستوى من الإحصائيات بتوزيع طبيعي متقارب»، في السجلات الرياضية الإحصائية Annals of Mathematical Statistics.

لنتذكر تعريف ر.آ.فيشر للإحصائية، أنه رقم مشتق من قياسات مراقبَة والذي يقدّر متغير التوزيع. قام فيشر بإصدار بعض المقاييس التي يجب أن تتوفر في الإحصائية حتى تكون

نافعة، موضحاً بعض الأساليب المتبعة في أساليب كارل بيرسون والتي لا تتماشى مع هذه المقاييس. هناك عدة طرق لاستخراج قيم الإحصائيات يتماشى معظمها مع مقاييس فيشر. وبمجرد حساب الإحصائية يجب معرفة توزيعها للاستفادة منها، ويسهل استخدامها إذا كان لديها توزيع طبيعي. أوضح هويفدنغ أن الإحصائية التي هي جزء من مستوى أسماه «إحصائية ـ و» تتماشى مع حالات ليندييرغ ـ ليڤي، وهكذا فإنه يجب على المستخدم إثبات أن الإحصائية الجديدة تتوافق مع تعريفات هويفدنغ دون أن يخوض بالرياضيات المعقدة لإثبات صحة ليندييرغ ـ ليڤي. كل ما قام به هويفدنغ هو استبدال مجموعة من المتطلبات الرياضية بأخرى. ومن ناحية أخرى فإنه يسهل التحقق من حالات هويفدنغ. لذا ومنذ زمن نشر بحث هويفدنغ، فإن كل المقالات التي توضح أن الإحصائية الجديدة لها توزيع طبيعي تقوم بذلك عن طريق إثبات أن هذه الإحصائية الجديدة هي إحصائية ـ و.

هويفدنغ في برلين

كانت حالة واسيلي هويفدنغ الذي ولد في فنلنده سنة 1914 لأب دانمركي وأم فنلندية غامضة خلال الحرب العالمية الثانية. عندما كانت فنلندة جزءاً من الإمبراطورية الروسية، فانتقل مع عائلته إلى الدانمرك ومن ثم إلى برلين بعد الحرب العالمية الأولى، وهذا سبب حصوله على جنسيتين مزدوجتين لدولتين

اسكندنافيتين. أنهى دراسته الثانوية سنة 1933 وبدأ يدرس الرياضيات في برلين عندما بدأ النازيون بأخذ زمام الأمور في ألمانيا. غادر ألمانيا في ذلك الوقت ريتشارد فون مايزيز، وكان رئيس قسم الرياضيات في جامعته متوقعاً ما سيحدث، كما غادرها كثير من أساتذة هويفدنغ إما فارّين أو مُبعَدين من مراكزهم. استمر هويفدنغ بدراسة مواده الجامعية في خضم هذه الفوضى مع أساتذة دون المستوى، لم ينهِ كثير منهم تدريس موادهم لاستمرار النازيين في «تنظيف» الكليات من اليهود أو مناصريهم، ثم أجبر هويفدنغ كغيره من طلاب الرياضيات على حضور محاضرات لودفيغ بيبرباخ Ludwig Bieberbach، وكان عضواً ثانوياً في هيئة التدريس، ثم أصبح رئيس القسم لمناصرته للنازية. تناولت محاضرات بيبرباخ الفرق بين رياضيات «الآرية» «وغير الآرية».

وجد أن الرياضيات غير الآرية (اليهودية) المتدهورة تعتمد على الرموز الجبرية المعقدة، بينما تعتمد الرياضيات الآرية على طرق أكثر نبلاً من الحس الهندسي النقي، سمح بطرح الأسئلة في نهاية محاضرته فسأله طالب في الصف الخلفي عن سبب استعمال ريتشارد كورانت Richard Courant (أحد علماء الرياضيات اليهود الألمان اللامعين في بداية القرن العشرين) للرؤيا الهندسية في تطوير نظرياته عن التحليل الحقيقي. لم يقدم بيبرباخ بعدها محاضرة عامة في هذا الموضوع، لكنه أنشأ مجلة الرياضيات الألمانية Deutsche Mathematik التي أصبحت أهم المجلات الرياضية لدى السلطات.

أنهى هويفدنغ دراسته الجامعية سنة 1940 لعمر كان يُحال فيه الشباب للتجنيد الإلزامي. لكن جنسيته الغامضة وكون فنلندة من الدول الحليفة لألمانيا أعفتاه من الجندية. استلم وظيفة مساعد في الأبحاث في معهد ضمن الجامعة لعلوم التأمين. كما عمل عملاً إضافياً في أحد مكاتب مجلات الرياضيات الألمانية القديمة، وكان لديها صعوبة في الحصول على الورق فلم تنتظم إصداراتها على غير ما كانت عليه مجلة بيبرباخ. لم يسع هويفدنغ للحصول على وظيفة تعليمية لأنه سيحتاج إلى تقديم طلب الجنسية الألمانية كي يصبح مؤهلاً لذلك.

صدر قرار سنة 1944 بالتجنيد الإلزامي لغير الألمان «لمن لديهم عروق ألمانية أو شبه ألمانية»، ولكن ظهر في فحص هويفدنغ الطبي أنه مصاب بالسكري فأعفي من الخدمة. فأصبح الآن مؤهلاً للعمل الوظيفي. اقترح عليه هارالد جيبرت Harald Geppert، ناشر المجلة التي كان يعمل فيها إضافياً، أن يشغل نفسه بنوع من الأعمال الحسابية للتطبيقات العسكرية، وأدلى باقتراحه هذا أثناء وجود ناشر آخر في الغرفة اسمه هيرمان شميد Hermann Schmid. تردد هويفدنغ ثم أجابه وهو واثق من كتمان جيبرت أن ضميره ضد كل أعمال الحرب. كان شميد من نبلاء العائلات البروسية فظن هويفدنغ أن نبله سيبقي على سرية هذه المحادثة.

تصبب واسيلي هويفدنغ عرقاً للأيام القليلة التالية، ولكن أمراً لم يحدث وسُمح له بالاستمرار في عمله. وضع جيبرت

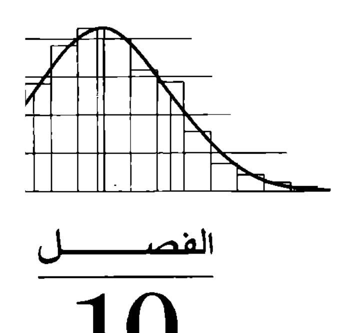
السم في طعام فطور ابنه عند هجوم الجيش الروسي ومن ثم تناول هو وزوجته السم. فر هويفدنغ مع أمه سنة 1945 إلى مدينة صغيرة في هانوفر Hannover وبقي هنالك حتى أصبحت جزءاً من الحزام البريطاني المحتل، لكن والده بقي في برلين فقبضت عليه الشرطة السرية الروسية بعد أن اعتبرته جاسوساً، إذ كان قد عمل مع الملحق الثقافي الأمريكي في الدانمرك. لم تدرِ عائلته عن مصيره لعدة سنوات، إلى أن هرب من السجن متجهاً إلى الغرب. توجه هويفدنغ في هذه الأثناء إلى نيويورك خريف سنة 1946 لإكمال دراسته ومن ثم تمت دعوته للالتحاق بهيئة جامعة نورث كارولاينا التدريسية University of North Carolina.

عمليات البحث

من إحدى نتائج الصراع النازي ضد الفكر والعرق السامي، أن حلفاء الحرب العالمية الثانية حصدوا علماء الرياضيات اللامعين لمساعدتهم في شؤون الحرب. اقترح عالم الأحياء الإنجليزي بيتر بلاكيت Peter Blacckett على الأدميرالية أن يستعين الجيش بالعلماء كي يجدوا حلولاً لمشاكلهم الاستراتيجية والتكتيكية... وكما عادة العلماء بغض النظر عن ميادينهم، فإنهم مدربون على تطبيق المنطق والنماذج الرياضية على المسائل التي تواجههم. فاقترح وضع العلماء في مجموعات ليعملوا في ما يتعلق بأمور الحرب. ومن هنا نشأ مبدأ البحث التشغيلي (والذي يدعى بعمليات البحث في الولايات المتحدة). اتحدت جهود مجموعة من العلماء من

حقول علمية مختلفة لإيجاد أفضل طريقة في استعمال قاذفات القنابل ذات المدى الطويل ضد الغواصات، ولتزويدهم بجداول إطلاق النار المضادة للطائرات، ولتحديد أفضل مكان لمستودع الذخيرة خلف الصفوف الأمامية، وحتى أيضا إيجاد إجابات لأسئلة تتعلق بمؤن الجنود.

انتقلت عمليات البحث في نهاية الحرب من ميدان المعركة إلى عالم الأعمال. لقد أثبت العلماء الذين التحقوا بالحرب أن النماذج الرياضية والتفكير العلمي بإمكانه أن يحل مشاكل الحرب التكتيكية. فيمكن استخدام ذات الأسلوب والكثير من تلك النظريات لتنظيم العمل في المصانع، وإيجاد أفضل العلاقات بين المستودعات وصالات العرض، وفي حل الكثير من مشاكل العمل التي تتضمن التوازن بين المصادر المحدودة أو تحسين الإنتاج والمردود. فأنشئت بعدها أقسام عمليات البحث في معظم المؤسسات الكبيرة. يدور معظم العمل القائم في هذه الأقسام حول النماذج الإحصائية. فبينما كنت في شركة بفايزر Pfizer Inc. ، عملت في عدة أبحاث هدفها تحسين طريقة إدارة البحوث الدوائية وكيفية تقديم منتجات دوائية جديدة لاختبارها. من أهم الأدوات المستخدمة في هذا العمل هي القدرة على استجماع التوزيع الطبيعي عندما تسمح الحالات بذلك.



الفصل

10

اختبار صلاحية التوافق

ظهر سنة 1980 نوع جديد من النماذج الرياضية جذب أذهان الناس وذلك بسبب المُسمّى: «نظرية الفوضى»[1]. يدل الاسم على نوع من النماذج الإحصائية لها نوع غريب من العشوائية، وابتعد الذين صاغوا الاسم عمداً عن استعمال كلمة عشوائي. إن نظرية الفوضى هي في الواقع محاولة لإبطال مفعول الثورة الإحصائية عن طريق إحياء الحتمية بمستوى أكثر رقياً.

فلنتذكر كيف كانت «الأمور» التي تعاملت معها العلوم قبل

(1) إن الوصف لنظرية الفوضى المستعمل هنا مأخوذ من براين ديفيز Brain Davies، اكتشاف الفوضى: نظرياً وتجاربياً Exploring Chaos: Theory and Experiment ريدينغ، ماساتشوسست Reading, MA: كتب بيرسويس Perseus Books، 1999.

الثورة الإحصائية، كانت إما قياسات تم إيجادها أو وقائع حقيقية تسببت بهذه القياسات. أصبحت الأمور العلمية مع الثورة الإحصائية هي المتغيرات التي أحاطت بتوزيع تلك المقاسات.

كان الاعتقاد السائد في فترة الاتجاه الحتمي السابق أن كثرة القياسات الدقيقة، تؤدي إلى تعريف أفضل للحقيقة المادية الواقعة تحت التجربة. أما في الطريقة الإحصائية فقد يكون من غير الضروري الحصول على متغيرات التوزيع التي لا يمكن تقديرها بوجود الأخطاء، بغض النظر عن مدى دقة نظام القياس. فهناك في الطريقة الحتمية مثلاً رقم ثابت، وهو الجاذبية التي تصف كيفية سقوط الأجسام. أما في الطريقة الإحصائية فإن قياسات الجاذبية تختلف باختلاف التجارب، والبعثرة الناتجة عن التوزيع هي ما نرغب في تقريره بغية «فهم» سقوط الأجسام.

قدم إدوارد لورينز Edward Lorenz واضع نظرية الفوضى سنة 1963 محاضرة غالباً ما يُرجع إليها، وهي بعنوان «هل تحدث رفرفة أجنحة الفراشة في البرازيل إعصاراً في تكساس؟». كانت نقطة لورينز الهامة أن العمليات الرياضية الفوضوية تكون بغاية الحساسية تجاه الحالات الأولية، فقد تؤدي الاختلافات البسيطة في الحالات الأولية إلى نتائج مختلفة تماماً بتكرارها مراراً. اعتقد لورينز أن هذه الحساسية تجاه الاختلافات البسيطة المبدئية تجعل الإجابة عن سؤاله مستحيلاً. تعتمد محاضرته على افتراض الحتمية، إذ أنه نظرياً يمكن ربط

كل حالة أولية بالنتيجة النهائية. اعتمد مؤيدو نظرية الفوضى هذه الفكرة التي تدعى «أثر الفراشة» كحقيقة عميقة وحكيمة.

بيد أنه لا يوجد إثبات علمي لوجود مثل هذه الأسباب والنتائج، ولا يوجد هناك نماذج رياضية راسخة لحقيقة تقترح مثل هذه النتائج. إنه تصريح إيماني ليس إلا، له نفس القدر من القيمة والصحة العلمية كما لوجود الشياطين أو الإله. كذلك فإن النماذج الإحصائية التي تُعَرّف الطلب العلمي عن طريق متغيرات التوزيع، هي أيضاً مبنية على تصريح إيماني عن طبيعة الحقيقة. قادتني تجاربي العلمية إلى الاعتقاد أن التصريحات الإحصائية للإيمان قد تكون أقرب للحقيقة من الحتمية.

نظرية الفوضى وصلاحية التوافق

نتجت نظرية الفوضى من ملاحظة أن الأرقام الناتجة عن معادلة حتمية معينة يمكن أن تعطي نموذجاً عشوائياً. وقد اتضح هذا عندما قامت مجموعة من علماء الرياضيات بأخذ معادلات بسيطة نسبياً، ومكررة فقاموا برسم الناتج بيانياً. لقد بينت في الفصل التاسع كيف تُنتج المعادلة المكررة رقماً ما، يُستخدم ثانية لاستخراج رقم آخر، وهلمّ جرّاً. حاول عالم الرياضيات الفرنسي هنري بوانكاري Henri Poincare في بداية القرن العشرين فهم المجموعات الصعبة للعديد من المعادلات، عن طريق تحديد الأزواج المتوالية لهذه الأرقام بيانياً. وجد بوانكاري بعض النماذج المثيرة في هذه الرسوم البيانية، ولكنه

لم يعرف كيف يستغل هذه النماذج فألغى الفكرة. بدأت نظرية الفوضى من رسوم بوانكاري تلك. إذا قمنا بإنشاء رسم بياني لنقاط بوانكاري، تبدو النقاط التي على ورق الرسم في بداية الأمر من غير شكل محدد، مبعثرة دون معنى لها. لكن يبدأ النموذج بالوضوح مع ازدياد عدد النقاط في الرسم البياني. قد تكون أحياناً عبارة عن عدة خطوط مستقيمة ومتوازية، أو مجموعة من الخطوط المتقاطعة أو دوائر، أو دوائر تخترقها خطوط مستقيمة.

يقترح مناصرو نظرية الفوضى أن جميع ما يبدو عشوائياً من قياسات في الحياة الحقيقية، استُنتِج في الواقع عن طريق مجموعة من المعادلات الحتمية، والتي يمكن استنتاجها من النماذج التي تظهر في رسم بوانكاري البياني. على سبيل المثال جمع بعض هؤلاء المناصرين بيانات حول فارق الزمن ما بين دقات قلب الإنسان، ووضعوها في رسم بوانكاري البياني. ادعوا وجود ظاهرة مميزة لهذه البيانات، وظهرت لهم معادلات مولدة حتمية أعطت نوع تلك الظواهر نفسه.

ظهرت أثناء التأليف نقطة ضعف أساسية في تطبيق نظرية الفوضى على هذا النحو، إذ لا يوجد هناك مقياس لصلاحية التوافق بين الرسم البياني المبني على البيانات وبين ذاك الناتج من مجموعة معادلات، وهنا ينبغي على القارئ مقارنة الرسمين البيانيين للتأكد من صحة الناتج. اتضح أن فحص النظر هذا عرضة للخطأ في التحليلات الإحصائية، فغالباً ما تكون الأشياء

التي تبدو متشابهة للعين المجردة أو قريبة من بعضها، غالباً ما تكون مختلفة تماماً إذا فُحصت بأدوات إحصائية طُوِّرت لهذا الغرض.

اختبار صلاحية التوافق لبيرسون

اكتشف كارل بيرسون هذه المشكلة في بداية عمله، بل إن من أعظم إنجازات بيرسون هو اكتشاف أول «اختبار صلاحية التوافق». فمن خلال المقارنة بين القيم المشاهدة والمتوقعة، استطاع بيرسون إنتاج طريقة إحصائية لاختبار صلاحية التوافق. لقد سمى اختباره الإحصائي «اختبار تشاي chi تربيع لصلاحية التوافق». استعمل الحرف اليوناني تشاي؟، لأن توزيع هذا الاختبار الإحصائي ينتمي إلى مجموعة من توزيعاته المنحرفة التي كان قد خصصها لمجموعة تشاي. وفي الواقع فإن دور الاختبار الإحصائي كان مثل مربع تشاي، لذلك أطلق عليه، «تشاي تربيع». وبما أنها إحصائية بمفهوم فيشر، فلها بالتالي توزيع احتمالي. أثبت بيرسون أن اختبار تشاي تربيع لصلاحية التوافق له توزيع مشابه، بغض النظر عن البيانات المستعملة، وبذلك يستطيع جدولة التوزيع الاحتمالي لهذه الإحصائية، واستخدام مجموعة الجداول نفسها لكل اختبار. هناك متغير واحد لاختبار تشاي التربيعي لصلاحية التوافق، والذي أسماه فيشر «درجات الحرية degrees of freedom». وفي العدد الصادر سنة 1922 والذي انتقد فيه فيشر عمل بيرسون، أوضح فيشر أن بيرسون قد أخطأ في استخراج قيمة المتغير عند مقارنته بين النسبتَين.

ولكن لا يوجد هناك مبرر لتشويه سمعة إنجاز بيرسون العظيم بسبب ارتكابه خطأً واحداً في جزء صغير من نظريته. لقد كان اختبار بيرسون لصلاحية التوافق أساساً في عناصر التحليل الإحصائي الحديث. ويسمى هذا العنصر «اختبار الفرضية hypothesis testing»، أو «اختبار الدلالة significance testing»، وهو يسمح للمحلل تقديم نموذجين رياضيين متنافسين أو أكثر للحقائق، واستخدام البيانات لرفض واحد منهما. إن اختبار الفرضية واسع الانتشار لدرجة يعتقد الكثير من العلماء أنه النهج الإحصائي الوحيد المتوفر لديهم، وكما سنرى في فصول لاحقة، فإنه ذو صلة بمسائل فلسفية.

تجربة ما إذا كان بإمكان السيدة تذوق الفرق في الشاي

لو افترضنا أننا نريد أن نختبر ما إذا كانت السيدة قادرة على اكتشاف الفرق بين فنجان الشاي الذي أضيف إليه الحليب، وبين الآخر الذي أضيف فيه الشاي إلى الحليب. نقدم لها فنجانين ونخبرها أن أحدهما شاي أضيف إليه الحليب، والآخر حليب أضيف إليه الشاي. تتذوقهما وتتمكن من معرفة الفرق. كان بإمكانها تخمين الإجابة إذ كان لديها فرصة 50:50 للإجابة الصحيحة. ثم نقدم لها فنجانين آخرين من النوع نفسه. وتتمكن من معرفة الإجابة الصحيحة مرة أخرى. إذا كانت تعتمد في إجابتها على التخمين، فإن فرصتها للإجابة الصحيحة تصبح 1:4. قدمنا لها زوجاً ثالثاً من الفناجين وتمكنت أيضاً من معرفة الإجابة الصحيحة، وتكون فرصة حدوث ذلك بمجرد

التخمين هي 1:8. فنقدم لها المزيد من أزواج الفناجين وتتمكن من معرفة الإجابة الصحيحة دائماً، حتى نصل إلى حد نقتنع فيه أنها قادرة على تمييز الفرق. لو افترضنا أنها أخطأت في إحدى المرات، ولو افترضنا أيضاً أن هذا الزوج الذي أخطأت معرفته كان الزوج الرابع والعشرين بينما أصابت في كل المرات السابقة. هل بإمكاننا القول إذن أنها قادرة على تمييز الفرق؟ أو أنها أخطأت في أربعة من أربعة وعشرين زوجاً أو خمسة من أربعة وعشرين زوجاً؟

إن اختبار الفرضية أو الدلالة هو إجراء إحصائي يحسب احتمالات ما تمت مشاهدته، على افتراض سلامة الفرضية المراد اختبارها. فنجزم بعدها أن الفرضية غير سليمة عندما تكون احتمالات المشاهدة ضعيفة. من أحد الأمور الهامة هو أن اختبار الفرضية يزودنا بوسيلة لرفض الفرضية. فرضية الحالة السابقة هي أن السيدة تلجأ للتخمين فقط. ولا تسمح لنا بقبول الفرضية حتى ولو كانت درجة الاحتمالات المصاحبة عالية جداً.

ورد استعمال كلمة دلالة، أو هام في مواضع سابقة أثناء شرح تطورات الفكرة، لتعني أن الاحتمالات كانت ضعيفة لحد الرفض. وتصبح البيانات بالتالي ذات دلالة إذا أمكن استخدامها لرفض التوزيع المقترح. لقد استعملت الكلمة كما كان مدلولها في اللغة الإنجليزية بنهاية القرن التاسع عشر، وهي بكل بساطة، أن الحسابات دلت أو أوضحت أمراً ما. وبدخول اللغة

الإنجليزية القرن العشرين، أصبح لكلمة دلالة معنىً آخر، فصارت تعني أمراً شديد الأهمية، لكن مازالت التحليلات الإحصائية تستخدم الكلمة لتعني وجود احتمالات ضعيفة جداً تم حسابها من أجل الفرضية المختبرة. لذا وفي ضمن هذه الحدود فإن للكلمة مدلولاً رياضياً محدداً. ولسوء الحظ، فإن الذين يجرون التحاليل الإحصائية يستخدمون اختبار الدلالة الإحصائي بمعنى أقرب إلى المعنى الحديث للكلمة.

استعمال فيشر لقيم ـ ب

قام ر.آ. فيشر بتطوير معظم أساليب اختبار الدلالة في استعمالنا اليومي، وأشار إلى الاحتمالية التي تسمح بالتصريح بالدلالة « بقيمة ـ ب». لم يكن لديه شك في معناها أو فائدتها. إن معظم الأساليب الإحصائية لعاملي الأبحاث مكرسة لإيضاح كيفية استخراج قيم ـ ب. وكما أوضحت سابقاً فقد صُمم هذا الكتاب، لكل من يود من غير علماء الرياضيات في استخدام الأساليب الإحصائية. لا يصف فيه فيشر كيفية استخراج هذه الاختبارات، ولم يلمح بالتحديد عن قيمة ـ ب التي يمكن أن تُسمى بدالّة، بل يقدم نماذج رقمية وملاحظات لتبين فيما إذا كانت النتيجة دالّة أم لا. أشار في أحد الأمثلة، إلى أن قيمة ـ ب أقل من 0،01 وأوضح: «أن قيمة واحد في المئة ستتخطى (إحصائية الاختبار المحسوب رياضياً) من غير قصد، وسيكون الفرق بين النتائج ذا دلالة واضحة».

إن أقرب ما توصل إليه فيشر في تعريف محدد لـ ب يكون

ذا دلالة في كل الظروف كما ورد سنة 1922 في مقالة صدرت بمجلة فعاليات مجتمع الأبحاث النفسية Proceedings of the Society for Psychical Research. تحاول الأبحاث النفسية عن طريق الأساليب العلمية توضيح وجود حدة الإدراك. يستعمل الباحثون النفسيون اختبار الدلالة الإحصائية بشكل واسع ليثبتوا أن نتائجهم بعيدة الاحتمال عن فرضية أن النتائج تتبع تخمينات الأشخاص العشوائية. يلوم فيشر في مقالته بعض الكتّاب لسوء استخدامهم اختبار الدلالة بشكل جيد، فيقول:

> تتضح ضرورة اختبارات الدلالة أثناء البحث في دراسة الكائنات الحية بأساليب بيولوجية. وتكمن وظيفتها في إبعادنا عن الاغترار بالحوادث الطارئة، التي لا علاقة لها بأسباب نود دراستها، أو نحاول اكتشافها لكنها مزيج من عدة احتمالات خارجة عن نطاق سيطرتنا. ويمكن اعتبار مشاهدة ما كدالّة، إذا كان من الصعب جداً استخراجها، في غياب المسبب الحقيقي للنوع الذي نبحث عنه. من الشائع اعتبار النتائج ذات دلالة إذا كان حجمها كبيراً، لدرجة أن فرصة حدوثها صدفة لا تزيد عن مرة كل عشرين محاولة. إن هذه درجة دلالة اعتباطية لكنها ملائمة للمكتشف العملي، ولا يعني هذا أن ينخدع مرة كل عشرين تجربة. إن اختبار الدلالة يخبره فقط عمّا يجب عليه إهماله، خاصة في التجارب التي تكون فيها نتائج الدلالات غير معروفة. ولا يتحتم عليه ادعاء إثبات ظاهرة ما تجريبياً، إلا حين يجيد تصميم تجارب، نادراً ما تفشل فيها عن إعطاء

> نتائج ذات دلالة. ولذا فإن نتائج الدلالات المنفردة والتي لا يستطيع إعادة استخراجها تبقى غامضة في انتظار أبحاث متقدمة.

فلنلاحظ التعبير «يجيد تصميم التجربة... نادراً ما يفشل في إعطاء نتائج لها دلالة». يكمن هذا في صميم استخدام فيشر لاختبارات الدلالة. تظهر أهمية اختبارات الدلالة بالنسبة لفيشر، في مضمون خطوات التجارب المتعاقبة التي تهدف إلى شرح آثار حلول معينة. يشعر القارئ من خلال قراءة أبحاث فيشر أنه يستخدم اختبار الدلالة للوصول إلى واحد من ثلاث احتمالات. فإذا كانت قيمة ـ ب صغيرة جداً (غالباً ما تكون أقل من 0،01) يصرح أن النتيجة واضحة. وأما إذا كانت قيمة ـ ب كبيرة (غالباً ما تكون أكبر من 0،20) يستنتج بعدها صغر الناتج إلى حد لا يمكن لأي تجربة تحديده. وإذا كانت قيمة ـ ب ما بينهما يناقش بعدها نوع التجربة المقبلة لإعطاء فكرة أفضل عن النتيجة. لذا لم يكن فيشر واضحاً في الطريقة التي يجب على العلماء اتباعها لإعطاء قيمة ـ ب باستثناء ما أفاد أعلاه. وما يبدو واضحاً لفيشر قد يخفى عن غيره.

سنعود لفحص اتجاه فيشر نحو اختبار الدلالة في الفصل الثامن عشر. ومن أحد أخطاء فيشر الواضحة، إصراره على عدم ثبوت ضرر التدخين بالصحة بعد. فلندع تحليلات فيشر في ما يتعلق بالتدخين والصحة لفصول أخرى ولنتجه إلى سنة 1928 نحو جيرزي نيمان Jerzy Neyman والبالغ من العمر خمساً وثلاثين سنة.

التعليم الرياضي لجيرزي نيمان

كان جيرزي نيمان أحد الطلبة الممتازين في مادة الرياضيات، عندما اندلعت الحرب العالمية الأولى في موطنه شرق أوروبا. انتقل إلى روسيا ودرس في جامعة كاركوف University of Kharkov، وهي مؤسسة محلية للأنشطة الرياضية. اعتمد على علومه الرياضية الابتدائية التي درسها في كاركوف، وبنى عليها باحثاً في مادة الرياضيات خلال المجلات المتوفرة لديه، وذلك بسبب قلة الأساتذة المتطورين في المعرفة، وبعد أن فاتته فصول دراسية بسبب الحرب. لذلك تلقى نيمان تعليماً رياضياً أساسياً مشابهاً لما يدرسه طلبة القرن التاسع عشر، ومن ثم لقّن نفسه رياضيات القرن العشرين.

كانت مقالات المجلات المتوفرة لنيمان محدودة لِما قد يجده في مكتبة جامعة كاركوف، ولاحقاً في المدارس البولندية المحلية. وجد صدفة، سلسلة من مقالات الفرنسي هنري ليبيسغ Henri Lebesgue. لقد أنشأ ليبيسغ (1875 ـ 1941)، الكثير من أساسيات التحليل الرياضي الحديث في بداية القرن العشرين، ولكن أبحاثه كانت صعبة القراءة. قام علماء رياضيات لاحقون بتبسيط وتنظيم نظريته للتكامل، وتلك للتقارب وغيرها من الاكتشافات الرياضية لهذا العالم العظيم لتصبح أكثر وضوحاً وسلاسة. لا أحد يستطيع الآن قراءة أعمال ليبيسغ الأصلية، بل يتلقى الطلبة كل أفكاره عن طريق الإصدارات الجديدة.

لا يملك أحد النسخ الأصلية لمقالات ليبيسغ إلاّ جيرزي نيمان، الذي عانى الكثير في قراءتها، والذي استطاع أن يتوغل ويرى مدى عظمة هذه الاكتشافات الجديدة (بالنسبة له). لقد أصبح ليبيسغ، مَثَلَ جيرزي الأعلى لسنوات عدة، وتسنى له في نهاية الثلاثينات أن يجتمع به في مؤتمر لعلماء الرياضيات في فرنسا. اتضح لنيمان أن هنري ليبيسغ فظ وينقصه الأدب، لما ردّ على تشوقه بكلمات بسيطة، ثم أدار له ظهره ومازال نيمان يتكلم.

تأذى نيمان بصده له، وربما كان له درساً في الحياة، ليبقى دائماً في غاية الأدب لطيفاً مع تلاميذه، يسمع لهم بكل اهتمام، ويشجعهم لتحقيق طموحاتهم. هكذا كان جيرزي نيمان الرجل، يعرفه الكل بطيبته وروحه المتعاونة. لقد كان كريماً وحساساً يعامل الناس بكل بهجة وسرور. لقد كان في بداية الثمانينات عندما قابلته، جليلاً وصغير الحجم، أنيقاً بشارب منمق أبيض. تلمع عيناه الزرقاوان عندما يستمع للآخرين، أو يدخل في مناقشات جادة، معطياً اهتمامه الشخصي لكل فرد مهما كان.

تمكن جيرزي نيمان في بداية سنوات عمله من أن يشغل منصب مبتدئ في هيئة كلية جامعة وارسو التدريسية. لم يكن لدى الدولة البولندية حديثة الاستقلال آنذاك المال الكافي لدعم الأبحاث الجامعية، وكانت مناصب علماء الرياضيات نادرة. قضى صيف سنة 1928 في مختبر لندن البيومتريكي حيث تعرف

على إيغون س. بيرسون وزوجته آيلين Eileen وابنتيهما. إن إيغون بيرسون هو ابن كارل بيرسون نفسه، بيد أنه من الصعب وجود شخصيتين متباينتين كشخصيتيهما. في الوقت الذي كان فيه بيرسون الأب قائدًا ومسيطراً، كان ابنه خجولاً ومتواضعاً. لقد كان كارل بيرسون مندفعاً للأفكار الجديدة، ينشر مقالاته دائماً بمعلومات رياضية قد تكون مبهمة أحيانا أو حتى متضمنة بعض الأخطاء. أما إيغون بيرسون فقد كان شديد الدقة يراعي تفاصيل كل الحسابات.

ظلت الصداقة بين إيغون بيرسون وجيرزي نيمان مستمرة عن طريق تبادل الرسائل من سنة 1928 حتى 1933. وزودت هذه الرسائل رؤية رائعة لطبيعة العلوم الاجتماعية، موضحة كيف يصارع عقلان مبتكران المسائل، بضخ أفكار جديدة أو بانتقاد الآخرين. تتجلى طبيعة بيرسون المتواضعة حين يتردد في اقتراحه باحتمال عدم نجاح ما قدمه نيمان، بينما تظهر براعة نيمان في الابتكار عندما يخترق المسائل الصعبة ليوضح طبيعة هذه الصعوبة. أقترح قراءة رسائل نيمان ـ بيرسون لكل من أراد أن يفهم طبيعة الأبحاث الرياضية وكونها مغامرة تعاونية.

ما هي أول مسألة عرضها بيرسون على نيمان؟ فلنتذكر اختبار تشاي تربيع لصلاحية التوافق الذي ابتكره كارل بيرسون. لقد قام بتطويره لاختبار ما إذا كانت البيانات المشاهدة تلائم التوزيع النظري، إذ لا يوجد فعلاً اختبار معين لـ تشاي تربيع لصلاحية التوافق. يتوفر للمحلل الكثير من الطرق لا حصر لها

لتطبيق الاختبار على مجموعة من البيانات. ويظهر أنه لا يوجد مقياس عن أفضلية الاختيار بين هذه الاختيارات، إذ ينبغي على المحلل أخذ اختيارات عشوائية كلما طبّق هذا الاختبار. عرض إيغون بيرسون السؤال التالي على جيرزي نيمان:

إذا قمت بتطبيق اختبار تشاي تربيع لصلاحية التوافق على مجموعة من البيانات مقابل التوزيع الطبيعي، وإذا لم أنجح في استخراج دلالة قيمة ـ ب، فما هي الطريقة لمعرفة أن البيانات تلائم التوزيع الطبيعي؟ كيف يمكنني معرفة أن نموذجاً آخر لاختبار تشاي تربيع أو اختباراً آخر لصلاحية التوافق لم يتم اكتشافه بعد، لم يكن بإمكانه استنتاج دلالة قيمة-ب فيسمح لي برفض التوزيع الطبيعي لتلاؤمه مع البيانات؟

نمط نيمان في الرياضيات

أخذ نيمان هذا السؤال معه إلى وارسو، وأبتدأ بعدها تبادل الرسائل. انبهر كل من نيمان وبيرسون الشاب بمفهوم فيشر في الحساب، والمبني على الدالّة الاحتمالية. فابتدآ عملية البحث بالنظر إلى الدالة الاحتمالية المصاحبة لاختبار صلاحية التوافق. شمل بحثهم الأول المشترك وصفاً لنتائج هذه الأبحاث. كانت من أصعب الأبحاث الكلاسيكية الثلاثة التي أصدراها، والتي قلبت موازين اختبار الدلالة بأكملها. استمر نيمان بتحليل المسألة إلى عناصرها الأساسية أثناء متابعتهما النظر في ذلك السؤال، حتى أصبح عملهما أكثر وضوحاً وأسهل فهماً.

يلعب النمط الأدبي دوراً هاماً في الأبحاث الرياضية رغم صعوبة تصديق القارئ لذلك. يصعب على بعض كتاب العلوم الرياضية كتابة مقالات سهلة الفهم. ويجد بعضهم متعة في اللجوء إلى الرموز المليئة بالتفصيلات فتصبح أحجية تضيع فيها الفكرة الأساسية. بينما يستطيع بعض المؤلفين تقديم أفكارٍ معقدة ببساطة يستطيع القارئ خلالها تتبع تطور أفكارهم ليصل إلى النتيجة المنشودة، فيشعر بعظمة النتائج عند مراجعة ما تعلمه. كان جيرزي نيمان مثالاً لهذا النوع، فمن الممتع قراءة أبحاثه لتلقائية استنباط الأفكار، ولاستعماله الرموز ببساطة خدّاعة، ويستطيع القارئ استنباط نتائجه المرجوّة بتلقائية لدرجة تساؤله كيف لم يتمكن أحد أن يصل إليها من قبل.

يتعهد مركز بفايزر للأبحاث حيث عملت لمدة سبع وعشرين سنة، المؤتمر السنوي المقام في جامعة كونكتيكت. يقوم قسم الإحصاء في الجامعة بدعوة شخصيات مهمة في مجال البحث الإحصائي الحيوي لقضاء يوم مع الطلاب ومحادثتهم، وتقديم محاضرة ظهيرة ذلك اليوم. كان لي شرف لقاء بعض عظماء علم الإحصاء، حيث إنني كنت مشاركاً في الإعداد لمنحة هذه السلسلة. كان جيرزي نيمان من بين هؤلاء المدعوين، وطلب أن يكون لحديثه طابع خاص. أراد أن يقدم بحثه وبعده تقوم هيئة من المناقشين بنقده. ونظراً لشهرته قام منظمو الندوة بالاتصال بالإحصائيين القدامى والمعروفين في منطقة نيو إنغلاند New England لتشكيل هيئة المناقشين. اعتذر

أحد المناقشين في آخر لحظة، فطُلب مني أخذ مكانه.

أرسل لنا نيمان نسخة عن البحث الذي أراد تقديمه. لقد كان تطوراً رائعاً، طبق فيه عملاً له لمسألة فلكية سنة 1939. لقد كنت أعرف هذا البحث إذ اكتشفته عندما كنت طالباً في سنة التخرج، وقد أعجبني. تناول البحث نوعاً جديداً من التوزيع قام نيمان باكتشافه، والذي أسماه «التوزيعات السارية contagious distributions». تبدأ المسألة المطروحة في البحث بمحاولة صياغة نموذج ليرقات الحشرات في التربة. تقوم الأنثى الحامل بالتجول في الحقل ثم تضع بيضها، وبعدها تفقس اليرقات زاحفة خارج تلك البقعة. ثم تؤخذ عينة من تربة الحقل. فما هو التوزيع الاحتمالي لعدد اليرقات الموجود في تلك العينة؟

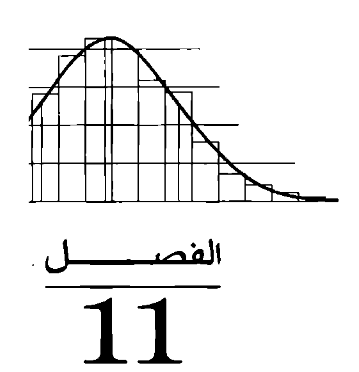
تشرح التوزيعات السارية مثل تلك الحالة. لقد تم اشتقاقها من سلسلة من المعادلات واضحة البساطة في بحثه الصادر سنة 1939. يبدو هذا الاشتقاق واضحاً وطبيعياً، كما يتضح للقارئ بعد قراءة بحث نيمان أنه لا يوجد طريقة أخرى للتعامل معها. ومنذ ذلك البحث لسنة 1939، أصبحت التوزيعات السارية لنيمان ملائمة لحالات كثيرة في الأبحاث الطبية والمعدنية والأرصاد الجوية وعلم السموم، و(كما وصفه نيمان في بحث مؤتمر بفايزر) في التعامل مع توزيع المجرات الكونية.

جلس نيمان للاستماع إلى هيئة المناقشين بعد أن أنهى حديثه. كان كل أعضاء الهيئة الآخرين من الإحصائيين البارزين،

لكنهم انشغلوا عن قراءة بحثه والتحضير له. لقد اعتبروا مؤتمر بفايزر كتقدير لنيمان. كان «نقاشهم» عبارة عن تعليقات لأعمال نيمان وإنجازاته السابقة. لقد تقدمت إلى هيئة المناقشة كبديل في وقت متأخر، ولم أستطع أن أعود إلى تجربتي (غير الموجودة) السابقة مع نيمان. تركزت تعليقاتي، وحسب طلب نيمان، إلى ما قدمه في ذلك اليوم، فتكلمت خاصة عن طريقة اكتشافي لبحثه سنة 1939 منذ زمن طويل وعن مراجعتي إياها الآن متحمساً لهذه الجلسة. قمت بوصف البحث بأفضل ما أمكنني مبدياً حماستي عندما وصلت إلى الطريقة الذكية التي قام فيها نيمان بتطوير معنى المتغيرات في التوزيع.

بدا واضحاً إعجاب نيمان بتعليقاتي، ودخلنا بعدها بنقاش ممتع عن التوزيعات السارية واستعمالاتها. تلقيت بعد عدة أسابيع ظرفاً بريدياً يحتوي على نسخة من مختارات من أوائل أبحاث ج. نيمان الإحصائية A Selection of Early Statistical Papers of J. Neyman، والتي نشرتها مطابع جامعة كاليفورنيا. كان الإهداء في داخل الغلاف: «إلى الدكتور ديفيد سالسبورغ David Salsburg، مع شكري العميق لتعليقاته الممتعة لما قدمته في 30 نيسان (أبريل) لسنة 1974. ج نيمان».

أعتبر هذا الكتاب بمثابة كنز لي بسبب الإهداء الذي فيه، وما يحتوي من مقالات قيمة. تسنى لي بعدها التحدث مع كثير من طلبة نيمان ومعاونيه. ذلك الرجل الممتع الودود الذي قابلته سنة 1974 هو نفسه الرجل الذي عرفوه وأعجبوا به.



الفصل

11

اختبار الفرضية

سأل إيغون بيرسون جيرزي نيمان في بداية تعاونهما، كيف له أن يتأكد من صحة توزيع مجموعة من البيانات، إذا لم ينجح في استخراج دلالة قيمة-ب أثناء اختباره مدى صحة الحالة، ومع أن تعاونهما ابتدأ من هذا التساؤل إلا أنّه فتح أبواباً واسعة. ما معنى أن تكون لدينا نتائج لا دلالة لها في اختبار الدلالة؟ هل نستنتج صحة الفرضية أنها ثابتة إذا لم نتمكن من تفنيدها؟

عرض ر.آ. فيشر التساؤل بطريقة غير مباشرة، فأخذ قيماً احتمالية كبيرة لـ ب (فاشلا في استخراج الدالّة) لتشير إلى أن البيانات كانت غير ملائمة للجزم بها. لم يقر فيشر أن الفشل في استخراج الدلالة يعني صحة الفرضية المراد اختبارها، فيقول:

> إن الإيمان بثبوت الفرضية وصحتها لمجرد أنها لم تتعارض مع الحقائق المتوفرة، إيمان وهمي ولا حق له بإقحام نفسه في الاستنتاجات الإحصائية كما في الاستنتاجات العلمية الأخرى ... ويزيد من وضوح الرؤيا كذلك، إذا أخذنا بعين الاعتبار أن اختبارات الدلالة، إذا استخدمت بدقة، لديها القدرة على رفض أو تفنيد النظريات، ما دامت تتعارض مع البيانات المعطاة: لكنها غير قادرة مطلقاً على إثبات صحتها..

لطالما استخدم كارل بيرسون اختبار تربيع تشاي لجودة التوافق كي «يثبت» أن البيانات تتبع توزيعات معينة، فهو يطرح أساليب إحصائية رياضية أكثر شدة وصلابة، ولم تعد فرضيات كارل بيرسون مقبولة بعدها. لكن ما يزال التساؤل ما إذا كان ضرورياً افتراض توافق البيانات مع توزيع معين من أجل معرفة ما هي المتغيرات المطلوب تقديرها، وتقرير مدى صلتها بالمسألة العلمية المطروحة. يتمنى الإحصائيون اللجوء إلى اختبار الدلالة لإثبات ذلك.

اكتشف إيغون بيرسون وجيرزي نيمان من خلال مراسلاتهما، الكثير من المفارقات التي نشأت من اختبار الدلالة، كحالات من الاستعمال غير المنهجي لاختيار الدلالة أدّت إلى رفض نظريات صحيحة لا غبار عليها. لم يسمح فيشر لنفسه بدخول هذه المفارقات لأنه سيكون واضحاً لديه عدم تطبيق اختبار الدلالة بشكل صحيح. تساءل نيمان عن ماهية

المقاييس المستعملة لتقرير صحة استخدام اختبار الدلالة، فانبثقت الأفكار الرئيسية لاختبار الفرضية تدريجياً من خلال رسائلهما، والزيارات التي أجراها نيمان إلى إنجلترا في الصيف، وزيارات بيرسون إلى بولندا[1].

من الممكن الحصول على نسخة مبسطة لاختبار الفرضية الذي شكله نيمان-بيرسون في كتب الإحصاء الابتدائية. فهي سهلة التركيب ويسهل فهمها لطلاب السنة الأولى، وأصبحت تلك النسخة دقيقة ومعدة للتعليم منذ تصنيفها. وهذه هي الطريقة التي يجب أن تتبع، إذ يلمّح المنهج تلميحاً، فهذه هي الطريقة الوحيدة. تقبّلت هذه المنهجية لاختبار الفرضية، وكالات رسمية مثل الوكالة الأمريكية للغذاء والأدوية U.S. Food and Drug Administration ووكالة حماية البيئة Environmental Protection Agency، كما يدرّسها الباحثون في المدارس الطبية، ومهدت طريقها في الإجراءات القانونية لبعض الأنواع الخاصة من حالات التميز.

---

(1) لقد عزوت الأفكار الرياضية الأساسية لنيمان خلال هذا الفصل لأنه كان وراء تركيبتها النهائية المصقولة، ومن ثم التطور الرياضي الدقيق بعدها. بيد أن المراسلات بين إيغون بيرسون ووليام سيلي غوسيت William Sealy Gosset والتي بدأت قبل ستة شهور من لقاء نيمان ببيرسون، تشير إلى أن بيرسون كان يفكر مسبقاً بالفرضيات البديلة والأخطاء المتنوعة، لذا قد يكون غوسبيت هو أول من اقترح الفكرة. بالرغم من أن بيرسون كان أول من وضع المعلومات الأولية، فقد اعترف أن نيمان زوده بالأصول الرياضية بدلاً من أفكاره «غير المحكمة».

حرّفت طريقة تدريس نموذج نيمان-بيرسون بنسختها المبسطة والصلبة كما طورها نيمان، اكتشافاته وذلك بالتركيز على الجوانب الخاطئة من هذا النموذج. كان اكتشاف نيمان الأساسي هو أنه لا معنى لاختبار الدلالة ما لم يكن هناك فرضيتان ممكنتان على الأقل. لذلك فإنك لا تستطيع فحص في ما إذا كانت البيانات توافق التوزيع الطبيعي إلا إذا كان هناك توزيع آخر، أو مجموعة أخرى من التوزيعات تعتقد أنها تتلاءم، ويملي علينا الاختيار بين الفرضيتين البديلتين، الطريقة التي يجري فيها اختبار الدلالة. أُطلق مسمّى «قوة» الاختبار على احتمالية تنبؤ هذا البديل. تتضح الأفكار في علم الرياضيات بتخصيص مسميات واضحة وبيّنة لمفاهيم معيّنة. أطلق نيمان وبيرسون مصطلح «فرضية اللاشيء» على تلك الجاري فحصها، وأطلقا مصطلح «البديل» على غيرها، وذلك كي يفرِّقا بين الفرضيات المستعملة لحساب قيمة ـ ب الفيشرية، وبين الفرضيات الأخرى الممكنة. يتم حساب قيمة ـ ب حسب صياغتهما لاختبار فرضية اللاّشيء، بينما تعود القوة إلى الكيفية التي تتشكل فيها قيمة ـ ب فيما إذا كانت البدائل صحيحة.

قاد هذا نيمان إلى نتيجتين، كانت أولاهما أن قوة الاختبار تحدد مقياس جودته، فتكون الأفضلية للاختبار ذي القوة الأكبر. أما النتيجة الثانية فهي أنه لا يمكن لمجموعة من البدائل أن تكون كبيرة. ولا يستطيع المحلل الجزم أن البيانات أتت من توزيع طبيعي (فرضية اللاّشيء)، أو من أي توزيع ممكن آخر،

إذ يمثل هذا مجموعة بدائل واسعة جداً، ولايمكن لأي اختبار مهما كانت قوته، الوقوف أمام كل البدائل الممكنة.

أوضح في سنة 1956 كل من ل.ج. سافاج L. J. Savage وراج راغو باهادور Raj Raghu Bahadur من جامعة شيكاغو University of Chicago أن اتساع رقعة البدائل لا تشكل سبباً في فشل اختبار الفرضية، فأنشآ مجموعة صغيرة نسبياً من الفرضيات البديلة، بحيث لا يكون هناك قوة لأي اختبار منها. طور نيمان في الخمسينيات فكرة الاختبارات الفرضية المحصورة محدداً فيها الفرضيات البديلة تحديداً ضيقاً، وأوضح أن مثل هذه الاختبارات أقوى من تلك التي تحوي مجموعة من الفرضيات الشاملة.

تُستخدَم اختبارات الفرضية في كثير من الحالات مقابل فرضية اللاّشيء الوهمية. فإذا قمنا مثلا بتجربة إكلينية للمقارنة بين عقارين، تكون فرضية اللاّشيء المراد اختبارها أن لديهما التأثير ذاته، بيد أنه إذا كان هذا صحيحاً فلا حاجة إذن لإجراء الدراسة. وفرضية اللاّشيء أن للعلاجين نفس الأثر، هي حجة وهمية يتم دحضها من نتائج الدراسة. لذلك يؤيد نيمان فكرة تصميم دراسة تهدف إلى زيادة قوة البيانات المستخرجة لأقصى درجة داحضة هذا الوهم وموضحة مدى اختلاف الأثر بين العقارين.

ما هو الاحتمال؟

كان على نيمان لسوء الحظ، التعامل مع مسألة أهملها

فيشر من أجل تطوير منهج رياضي متماسك لاختبار الفرضية، وهذه مسألة أثرت سلباً على اختبار الفرضية رغم دقة ونقاء حلول نيمان الرياضية. فهي مشكلة في تطبيق الأساليب الإحصائية على العلوم بشكل عام، ويمكن عموماً اختصارها بهذا السؤال: ما يعني الاحتمال في حياتنا العادية؟

يمكننا استخدام التركيبات الرياضية الإحصائية لحساب الاحتمالات، وتمكننا هذه الاحتمالات من تطبيق الأساليب الإحصائية على المسائل العلمية. إن الاحتمالات معرّفة جيداً في الاستعمال الرياضي، فكيف نربط هذا المفهوم النظري بالواقع؟ وكيف يمكن للعالم تفسير احتمالات التحاليل الإحصائية عند تقرير ما هو صحيح أم لا؟ سأقوم في الفصل الأخير من هذا الكتاب بمناقشة المسألة العامة والمحاولات التي أجريت للإجابة عن هذه الأسئلة. لكننا سنقوم الآن بفحص الظروف التي أجبرت نيمان على العثور على إجابته الخاصة به.

فلنتذكر اختبار فيشر للدلالة الذي أنتج رقماً أسماه فيشر قيمة-ب. وهذا احتمال محسوب، وهو احتمال مرتبط بالبيانات المشاهدة على افتراض صحة فرضية اللاّشيء. فلنفترض مثلاً أننا نريد اختبار عقار جديد وقدرته على منع الإصابة بسرطان الثدي ثانية عند من استُأصل لهن ثدي من قبل، ومقارنته مع الأدوية المهدئة. حسب فرضية اللاّشيء الوهمية لا يمتاز العقار عن المهدئ. ولنفترض أنه بعد مضي خمس سنوات، أصيبت نسبة 50٪ ممن تناولن المهدئات بسرطان الثدي ثانية، ولم

تُصب اللاتي تناولن العقار الآخر بشيء. هل يثبت ذلك «فعالية» العقار؟ تعتمد الإجابة بالطبع على عدد المريضات الممثلات في نسبة الـ 50٪.

فإذا تضمنت الدراسة أربع نساء فقط في كل مجموعة، يعني هذا أنه لدينا ثماني مريضات، اثنتان منهما عاودهما السرطان. فلنفترض أننا أخذنا مجموعة من ثماني نساء وميّزنا اثنتين منهما، وقمنا بتقسيم الثماني عشوائياً إلى مجموعتين كل مجموعة من أربع، يكون احتمال وقوع المميّزتين في مجموعة واحدة قرابة 30،0 وإذا كان في كل مجموعة أربع نساء فقط يصبح وقوع حالات تكرار الإصابة في مجموعة اللاتي تعاطين المهدئات غير ذي دلالة. أما إذا تضمنت الدراسة 500 امرأة في كل مجموعة يكون من غير الممكن وقوع جميع الـ 250 امرأة اللاتي عاودهن السرطان في مجموعة اللاتي تناولن المهدئات، اللهم إلا في حالة فعالية العقار. واحتمال وجود كل الـ250 امرأة في مجموعة واحدة في حالة كان العقار مشابهاً لأثر المهدئ هي القيمة-ب والتي هي أقل من 0,0001.

إن قيمة ـ ب هي قيمة احتمالية وهكذا يتم حسابها. فما الذي تعنيه إذا كانت تستخدم لتوضح أن الفرضية التي قامت بحسبها فرضية خاطئة؟ إنها احتمال نظري مرتبط بالمشاهدات تحت ظروف خاطئة في الغالب. فلا شأن لها بالواقع. إنها قياسات غير مباشرة للتظاهر. فهي لا تمثل احتمال خطئنا بالقول بفعالية العقار، ولا تمثل احتمالات للخطأ أياً كانت، كما أنها

لا تمثل احتمال تحسن المريضة بالعقار أو المهدئ، لكنها تُستعمل لتقرير أي الاختبارات أفضل من غيرها. كان على نيمان أن يجد طريقة لوضع اختبار الفرضية بإطار يمكن بواسطته حساب الاحتمالات المرتبطة بالقرارات المأخوذة من الاختبار. كان عليه الربط بين قيمة-ب في اختبار الفرضية مع واقع الحياة.

التعريف الترددي للاحتمالية

قدم الفيلسوف البريطاني جون ڤن John Venn سنة 1872 منظومة احتمالية رياضية قريبة من أرض الواقع، وأدار نظرية أساسية في الاحتمالات رأساً على عقب. هذا هو قانون الأرقام الكبيرة الذي يقول إذا كان لحدث ما احتمال معين (مثل رمي النرد واستقراره على وجه يشير إلى رقم ستة) وإذا قمنا بمحاولات مشابهة عدة مرات، فإن نسبة وقوع الحدث ستقترب من الاحتمالية.

يقول ڤن إن احتمالية الحادثة هي نسبة حدوثه لمرات كثيرة. وحسب منظومته فإن النظرية الرياضية للاحتمال لا تستوجب قانون الأرقام الكبيرة بل إن قانون الأرقام الكبيرة يستوجب الاحتمال. وهذا هو التعريف الترددي للاحتمال. دحض جون مينارد كيينز[1] John Maynard Keynes سنة 1921

(1) هناك تزييف في التسمية في ما يتعلق بكيينز، فقد عُرف كعالم اقتصاد ومؤسس المدرسة الكيينزية في الاقتصاد، يعالج أموراً ككيفية استخدام الحكومات للسياسات النقدية وأثرها على الاقتصاد. لكنه حاز درجة =

ذلك لعدم فائدته أو إمكانية تفسيره منطقياً، موضحاً وجود تضارب أساسي يمنع تطبيق التعريف الترددي في جميع الحالات التي تطبق فيها الاحتمالية.

يلجأ نيمان لتعريف فن الترددي عند بناء الاختبارات الفرضية بالطريقة الرياضية التقليدية، ويستخدم نيمان ذلك ليبرر تفسيره لقيمة-ب في اختبار الفرضية. يقوم العالم حسب نموذج نيمان-بيرسون، بتحديد رقم ثابت مثل 0،05، ويرفض فرضية اللاّشيء كلما كانت قيمة-ب في اختبار الدلالة أقل من أو تساوي 0،05، وبهذه الطريقة وعلى المدى الطويل، يرفض العالم فرضية اللاّشيء بنسبة 5٪. يتم التركيز الآن حسب الطريقة التي يدرس فيها اختبار الفرضية، على تطبيق نيمان للاتجاه الترددي. من السهل اعتبار نموذج نيمان-بيرسون لاختبار الفرضية كجزء من الاتجاه الترددي للاحتمال وإهمال الرؤيا المهمة التي قدمها نيمان عن الحاجة إلى مجموعة من الفرضيات البديلة لاختبار الوهم بفرضية اللاشيء.

أخطأ فيشر في فهم رؤيا نيمان. لقد ركز على تعريف مستوى الدلالة، ولم يهتم بالأفكار الهامة للقوة والحاجة لتعريف مستوى البدائل. كتب ينقد نيمان:

= الدكتوراه في علم الفلسفة وكانت رسالته المنشورة سنة 1921 بحثاً في الاحتمالية A Treatise on Probability، علماً أساسياً في تطوير الأسس المنطقية في استخدام الإحصائيات الرياضية. سوف نتعرض لأقوال كيينز في فصول لاحقة، ولكنها ستكون من كيينز عالم الاحتمالية، وليس كيينز عالم الاقتصاد.

> لقد اعتقد نيمان أنه قام بتصحيح وتحسين أعمالي السابقة في اختبار الدلالة، كوسيلة «لتحسين المعرفة الطبيعية»، ولكنه في الواقع قام بإعادة صياغتها بما يتماشى مع الأجهزة التقنية والتجارية بما يُعرف بإجراءات القبول، والتي لها أهمية بالغة في العصر الحديث. فعندما تتلقى مؤسسة كبيرة مثل البحرية الملكية Royal Navy مواد من شركة هندسية فهي، كما اعتقد معرضة للتفتيش الوافي وللاختبار لتقليل تكرار قبول البضائع الخاطئة ذات العيوب... لكن تبدو الاختلافات المنطقية بين هذه العمليات وبين أعمال الاكتشافات العلمية عن طريق التجارب الفيزيائية والبيولوجية واسعة جداً لدرجة تكون المقارنة بينها غير مجدية، وتصبح المطابقة بين النوعين مضللة حتماً.

أصبح اختبار الفرضية أكبر وسيلة إحصائية مستخدمة في الأبحاث العلمية، بالرغم من تحريفات أفكار نيمان الأساسية، وأصبح أسلوب جيرزي نيمان الدقيق، أسلوباً ثابتاً في كثير من أقسام العلوم. تطلب معظم المجلات العلمية من كتّاب المقالات أن يضموا اختبار الفرضية في تحليل بياناتهم. بل وتعدّى الأمر إلى أبعد من المجلات العلمية، إذ تطلب السلطات التنظيمية للأدوية في الولايات المتحدة وكندا وأوروبة، استخدام اختبارات الفرضية كوسيلة مُسلّم بها. وقبلت محاكم القضاء اختبار الفرضية كأسلوب مناسب للإثبات، وسمحت للادعاء استخدامه لإثبات التمييز الوظيفي، وتفشّى هذا الأسلوب في كل فروع الإحصاء العلمي.

لم يمض صعود نموذج نيمان-بيرسون إلى قمة الإحصاء هكذا من غير تحدٍ، فهاجمها فيشر منذ البداية والى آخر رمق لديه. نشر بحثاً سنة 1955 بعنوان «الأساليب الإحصائية والاستقراء العلمي Statistical Methods and Scientific Induction» في مجلة المجمع الإحصائي الملكي Journal of the Royal Statistical Society ثم توسع في كتابه الأخير، الأساليب الإحصائية والاستدلال العلمي Statistical Methods and Scientific Inference. نشر ديفيد كوكس David Cox في نهاية الستينات لما كان محرراً لمجلة البيومتريكا، تحليلاً واضحاً عن كيفية استعمال اختبارات الفرضية في العلوم، موضحاً عدم ملاءمة صياغة نيمان الترددية للواقع، وقام أدوارد ديمنغ Edwards Deming في الثمانينيات بمهاجمة الفكرة الأساسية لاختبار الفرضية على أنها عمل أحمق. (سوف نعود إلى تأثير ديمينغ على الإحصاء في الفصل الرابع والعشرين). ومع مضي السنوات، استمر ظهور الأبحاث في الأدب الإحصائي والتي اكتشفت أخطاءً جديدة في نموذج نيمان-بيرسون مجمدة في المناهج.

لم يكن نيمان نفسه جزءاً من التمجيد الحاصل لنموذج نيمان- وبيرسون لاختبار الفرضية، فقد نشر مقالة بالفرنسية في بداية سنة 1935 في نشرة المجتمع الرياضي الفرنسي Bulletin de la Société Mathematique de France ، أثار فيها الشكوك حول إمكانية الحصول على اختبارات الفرضية المثلى. وقلما استخدم نيمان في أبحاثه الأخيرة اختبارات الفرضية بشكل

مباشر، بل تضمنت طريقته الإحصائية اشتقاق التوزيعات الاحتمالية من المبادئ النظرية، ومن ثم تقدير المتغيرات من البيانات المعطاة.

تبنى آخرون أفكارا من نموذج نيمان-بيرسون وطوروها، وسّع آبراهام والد Abraham Wald، إبّان الحرب العالمية الثانية استخدام نيمان للتعريف الترددي لڤن في تطوير مجال نظرية القرار الإحصائي. وأصدر إيريك ليمان Eric Lehmann مقياساً بديلاً للاختبارات الجيدة سنة 1959 عندما كتب كتاباً تعريفياً عن اختبار الفرضية، والذي بقي يمثل الوصف الكامل لفرضية نيمان - بيرسون.

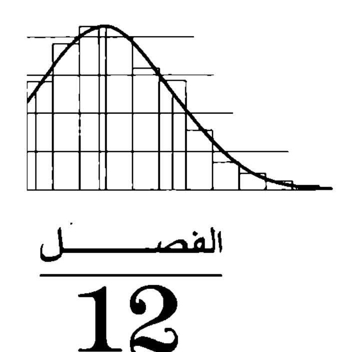
قدم نيمان إلى الولايات المتحدة قبيل احتلال هتلر لبولندا وإسداله ستارة الشيطان على قارة أوروبة، وبدأ برنامجاً إحصائياً في جامعة كاليفورنيا في بيركلي Berkeley، ولبث هناك لحين موته سنة 1981، بعد أن أنشأ أشهر قسم أكاديمي إحصائي في العالم، إذ جلب إليه كبار شخصيات هذا المجال، كما أظهر نبوغ آخرين غير معروفين آنذاك ليمضوا قدماً بإنجازاتهم. فكان ديفيد بلاكويل David Blackwell مثلاً يعمل منفرداً في جامعة هاورد Howard University، بعيداً عن غيره من علماء الإحصاء الرياضيين. وبسبب التفرقة العنصرية، لم يتمكن من أخذ مركز في مدارس «البيض» بالرغم من قدراته؛ فدعاه نيمان إلى بيركلي. كما أنه جلب خريجاً فرنسياً جاء من عائلة قروية غير متعلمة؛ وأصبح بعدها لوسيان لو كام Lucien le Cam من أحد رواد علم الاحتمالات.

أعار نيمان اهتمامه بطلبته وزملائه من الهيئة التدريسية. لقد وصفوا أمسيات الشاي الممتعة في القسم، والتي ترأسها نيمان بكل تهذيب ولطف. كان يحث أحد الطلبة أو أعضاء التدريس لشرح الأبحاث الجديدة، ومن ثم وبكل لباقة يشق طريقه في الغرفة ليتلقى الانتقادات مساعداً في إدارة النقاش، وغالباً ما كان ينهي شرب الشاي برفع الأكواب في صحة «السيدات»، فكان واضحاً اهتمامه «بالسيدات»، وحثهن لمواصلة أعمالهن. يبرز من بين اللاتي تلقين دعم نيمان عالمات مثل الدكتورة إليزابيت سكوت Dr. Elizabeth Scott، التي عملت معه وألفا سوية، منشورات عدة في مجالات علم الأرصاد وعلم السرطان وعلم الحيوان، وكذلك الدكتورة إيڤيلين فيكس Dr. Evelyn Fix التي كان لها دور كبير في علم الأمراض.

ظل نيمان تحت نيران ر.آ. فيشر إلى أن تُوفي هذا العبقري المزاجي سنة 1962، إذ كانت كل أعمال نيمان موضع نقد لفيشر. حتى ولو نجح في إثبات فكرة ما لفيشر، لم يتوان الأخير عن مهاجمته مدعياً عدم فهم نيمان لما كتب. ولو أن نيمان تبحر في فكرة لفيشر، فسيقوم أيضا بمهاجمته لاستخدامه النظرية في سبيل ميؤوس منه. لم يجبه نيمان أبداً سواءً في نشر مقالات أو بشكل شخصي، حسب ادعاء من كان يعمل معه.

وصف نيمان حقبة من الزمن في الخمسينيات خلال مقابلة أجريت معه في نهاية عمره عندما كان يستعد لتقديم دراسة

بالفرنسية في مؤتمر عالمي. لاحظ أثناء صعوده المنصة أن فيشر كان من بين الحضور، لذلك أعدّ نفسه لتلقي هجمات فيشر المتوقعة. إذ كان على ثقة أن فيشر سيستغل بعض نقاط بحثه غير ذات الأهمية ليمزقه وبحثه إرباً. انتهى نيمان من إلقائه منتظراً أسئلة الحضور، سأله البعض لكن فيشر لم ينبس بكلمة. اكتشف بعدها نيمان أن فيشر لا يتكلم الفرنسية.



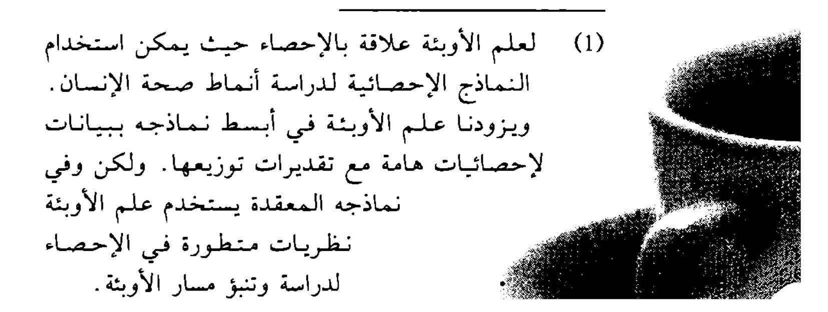
الفصـــــل

12

خدعة الثقة

عند ظهور وباء الإيدز (فقدان المناعة المكتسبة) سنة 1980، برزت عدة أسئلة بحاجة لإجابات. احتاج مسؤولو الصحة عند بداية ظهور عامل المرض المعدي HIV (فيروس نقصان مناعة الإنسان)، معرفة عدد المصابين كي يخططوا لمواجهة مصادر هذا الوباء. ولحسن الحظ فإنه بالإمكان تطبيق النماذج الرياضية لعلم الأوبئة[1]، التي تطورت في السنوات العشرين إلى الثلاثين الأخيرة.

(1) لعلم الأوبئة علاقة بالإحصاء حيث يمكن استخدام النماذج الإحصائية لدراسة أنماط صحة الإنسان. ويزودنا علم الأوبئة في أبسط نماذجه ببيانات لإحصائيات هامة مع تقديرات توزيعها. ولكن وفي نماذجه المعقدة يستخدم علم الأوبئة نظريات متطورة في الإحصاء لدراسة وتنبؤ مسار الأوبئة.



تعتبر النظرة العلمية الحديثة للأمراض الوبائية، أنه عند التعرض لوباء ما، يُصاب البعض به، بعد فترة زمنية تُدعى «بالكمون أو الخمود أو اللبود» تظهر أعراض المرض على هؤلاء المصابين. وبمجرد إصابة أحدهم يصبح مصدراً ناقلاً للمرض لكل من لم تصله العدوى بعد. لا يوجد لدينا أسلوب نتنبأ فيه عمن سيتعرض للمرض، أو من ستصيبه العدوى أو يكون ناقلاً لها، بل نتعامل مع التوزيعات الاحتمالية ومن ثم نقدر متغيرات تلك التوزيعات.

أحد هذه المتغيرات هو عامل الزمن الكامن، معدل المدة منذ انتقال العدوى إلى ظهور الأعراض، وكان هذا متغيرا هاماً جداً لمسؤولي الصحة العامة في وباء الإيدز. لم يكن لديهم طريقة لمعرفة عدد الذين تعرضوا للعدوى أو عدد الذين سيصابون بالوباء، ولكن بمعرفة عامل الزمن الكامن، يصبح بإمكانهم ربطه بعدد الأشخاص المصابين بالوباء، ومن ثم تقدير عدد المصابين. كما كان لديهم ولظروف غير مألوفة في نمط العدوى لمرضى الإيدز، مجموعة من المرضى ممن يعرفون زمن إصابتهم بالمرض وزمن ظهور المرض. تعرّض عدد قليل من المصابين بالنعور (من لهم نزعة وراثية للنزف الدموي)، للإصابة بالـ HIV من خلال مكونات الدم الملوث، وقاموا بتزويدنا بالبيانات لتقدير متغير عامل الوقت الكامن.

ما مدى صحة هذه التقديرات؟ أشار علماء الأوبئة أنهم استخدموا أفضل السبل حسب مفهوم ر.آ. فيشر. لقد كانت

تقديراتهم منتظمة وذات فعالية قصوى، بل ولها القدرة على تصحيح الانحياز لذا ادعوا أن تقديراتهم بعيدة عن التحيّز. لكن وكما ذكرنا في فصول سابقة، فإنه لا يوجد طريقة محددة لمعرفة صحة التقديرات.

وإذا لم نستطع الجزم بصحة هذه التقديرات، فهل هناك طريقة نستطيع فيها القول بأن هذه التقديرات قريبة من القيمة الحقيقية للمتغير؟ تكمن الإجابة عن هذا السؤال في استخدام التقديرات المرحلية، فالتقدير الآحادي هو رقم منفرد. على سبيل المثال، قد نستخدم بيانات دراسات حالات النعور (النزف الوراثي) لتقدير عامل الوقت الكامن بتقدير 5,7 سنة، فيحدد التقدير المرحلي أن عامل الوقت الكامن، يكمن بين 3,7 و12,4 سنة. ومن المناسب غالباً الحصول على التقدير المرحلي، لأن السياسة العامة المطلوبة مشابهة لطرفي التقدير المرحلي. يكون التقدير المرحلي واسعاً جداً أحياناً، فتكون حاجة السياسات العامة من أجل القيم الدنيا أكثر من الحاجة للقيم القصوى. والنتيجة الحاصلة من التقدير المرحلي الواسع جداً هي أن المعلومات المتوفرة غير ملائمة لاتخاذ القرار، ويجب البحث عن معلومات إضافية، ربما بتوسيع مجال البحث أو الانشغال بسلسلة أخرى من التجارب.

فإذا كان عامل الزمن الكامن لوباء الإيدز مثلا عالياً بنسبة 12,4 سنة، سيتمكن إذن خُمس المصابين تقريباً من العيش عشرين سنة إضافية أو أكثر بعد تلقيهم العدوى وقبل إصابتهم

بالإيدز. أما إذا كان عامل الزمن الكامن 3,7 سنوات فسيُصاب كل المرضى بالإيدز خلال السنوات العشرين. لا تكفي هاتان النتيجتان لاتخاذ قرار في سياسة عامة، ومن المفيد الحصول على مزيد من المعلومات.

أسست الأكاديمية العلمية الوطنية National Academy of Sciences في نهاية الثمانينيات، هيئة من جهابذة العلماء للنظر في جزيئات الكربون المستخدمة في عبوات الهواء المضغوطة، والتي تهدد طبقة الأوزون في الغلاف الجوي، الذي يحمي الأرض من الأشعة فوق البنفسجية الضارة. وعوضاً عن إثبات ذلك أو نفيه، قررت الهيئة (التي يرأسها جون تاكي John Tukey وهو موضوع الفصل الثاني والعشرين من هذا الكتاب)، صياغة نموذج عن أثر جزيئات الكربون كتوزيع احتمالي، ومن ثم قاموا بحساب التقدير المرحلي لمعامل التغيير في طبقة الأوزون في السنة الواحدة. أظهر الطرف الأسفل للمرحلة، ومع قلّة البيانات المتوفرة، نقصاناً سنوياً في طبقة الأوزون كافياً ليشكل تهديداً لحياة الإنسان خلال السنوات الخمسين المقبلة.

تغطي التقديرات المرجلية حالياً معظم التحليلات الإحصائية، فعندما يُصوّت الرأي العام بنسبة 44 ٪ لصالح الرئيس، نجد ملحوظة جانبية توضح أن لهذا الرقم «نسبة خطأ يزيد وينقص بنسبة 3٪». وهذا يعني أن 44٪ من الناس الذين أجريت عليهم الدراسة يعتقدون أن الرئيس يمارس عمله جيداً، وبما أن هذا التقييم عشوائي، فإن المتغير المطلوب هو نسبة

الأشخاص الذين يعتقدون صحة ذلك. ولصغر حجم العينة فإن التخمين المعقول يكون بأن المتغير تتراوح نسبته بين 41 (نسبة 44 مطروحاً منها نسبة 3) إلى نسبة 47 (نسبة 44 مضافاً إليها نسبة 3).



جيرزي نيمان، 1894–1981

فما هي الطريقة التي يستطيع الفرد فيها حساب التقدير المرحلي؟ كيف نفسر التقدير المرحلي؟ هل بإمكاننا إنشاء بيان احتمالي عن التقدير المرحلي؟ وما مدى تأكدنا من أن القيمة الحقيقية للمتغير تكمن بين المراحل؟

حل نيمان

قدم جيرزي نيمان سنة 1934 حديثاً أمام المجتمع الملكي

الإحصائي Royal Statistical Society، بعنوان «على الجانبين المختلفين للأسلوب التمثيلي. On the Two Different Aspects of the Representative Method»، قام بحثه بمعالجة تحليل العينة المدروسة؛ وامتاز هذا العمل عن أعماله الأخرى بالدقة، إذ قام باشتقاق المصطلحات الرياضية الواضحة والبديهية (فقط بعد اشتقاق نيمان لها). كان الملحق أهم أجزاء بحثه، والذي قدم نيمان فيه طريقة بسيطة لإيجاد التقدير المرحلي ولتقرير مدى دقة ذلك التقدير. أطلق نيمان على هذا الإجراء الجديد مسمّى «فترات الثقة confidence intervals»، وسمى طرفيه بـ «روابط الثقة confidence bounds».

نهض البروفيسور ج.م. باولي G.M. Bowley الذي كان يرأس الاجتماع وقدم شكره. ناقش أولاً موضوع البحث في عدة فقرات ثم اتجه إلى الملحق:

> لست متأكداً ما إذا كان ينبغي علي طلب إيضاح أم إثارة الشك. ينبه البحث إلى صعوبة متابعته العمل وقد أكون أحد الذين تاهوا بين جنبيه (وفي مقطع لاحق من هذا الفصل، يعطي مثالاً يظهر فيه فهمه الواضح لما قدمه نيمان). لا أستطيع القول إلا أنني قرأته وقت ظهوره وقرأت شرح الدكتور نيمان له البارحة بكل دقة. أشير هنا إلى حدّي الثقة عند نيمان. ولست متأكداً تماماً أن «الثقة» هي ليست «خدعة الثقة».

ثم أعطى باولي مثالاً لفترة الثقة عند نيمان واستمر في كلامه:

إلى أي مدى يأخذنا هذا الأمر حقاً؟ هل سنعرف أكثر مما عرف تودهانتر Todhunter (عالم في الاحتمالية في نهاية القرن التاسع عشر)؟ هل سيأخذنا أبعد من كارل بيرسون وإيدجورث Edgeworth (شخصية بارزة في بداية تطور الإحصاء الرياضي)؟ هل سيقودنا حقاً إلى ما نحتاج إليه - فرصة أن في هذا الكون الذي نأخذ منه عينات تكون النسبة ضمن هذه الحدود المعينة؟ لا أعتقد ذلك... لا أدري إن كنت قد عبرت عن أفكاري بدقة... (هذه) صعوبة شعرت بها عند بداية اقتراح هذا الأسلوب. إن طريقة عرض النظرية غير مقنعة، وسأظل مشككاً في صلاحيتها إلى أن أصل إلى درجة القناعة.

لقد أفسدت منذ ذلك الحين مشكلة باولي مع هذا النهج فكرة روابط الثقة. ومن الواضح أن المفاهيم الأربعة في الإحصاء التي استخدمها نيمان في اشتقاق أسلوبه صحيحة مع النظرية الرياضية المجردة للاحتمالية، والتي أدت إلى حساب الاحتمالية. لكن يبقى مرجع الاحتمالية غير واضح. لقد تمت معاينة البيانات، كما أن المتغير رقم ثابت (إذا لم يكن معروفاً)، لذلك فإن الاحتمالية التي يأخذها المتغير لقيمة معينة إما أن تكون نسبة 100٪ إذا كانت تلك هي القيمة، أو 0 إذا لم تكن تلك قيمتها. لكن ما نسبته 95٪ من الثقة المرحلية تتعامل مع نسبة 95٪ من الاحتمالية. احتمالية ماذا؟ لقد استخدم نيمان الحيلة في صياغة هذا السؤال عن طريق تسمية ما قام به بالثقة المرحلية متجنباً استخدام كلمة احتمالية. ولكن باولي وغيره

استطاعوا معرفة ما وراء هذه الحيلة الواضحة.

كان ر.آ. فيشر من بين المناقشين ولكن فاتته هذه النقطة، فقد كان نقاشه مشتتاً غير مركّز لمجموعة من المراجع لم يشملها نيمان حتى في دراسته. وكان ذلك بسبب غرق فيشر في متاهات حول حساب التقديرات المرحلية. أشار في تعليقاته إلى «الاحتمالية الإسنادية»، وهي عبارة لا تظهر في دراسة نيمان، فطالما عانى فيشر من مسألة استخلاص درجة عدم الدقة المصاحبة لتقدير المرحلة للمتغير. تعامل فيشر مع هذه المسألة من زاوية معقدة مرتبطة نوعاً ما بالدلالة الاحتمالية، وسرعان ما أثبت أن اتباع هذه الطريقة في حل المسألة لا يتماشى مع متطلبات التوزيع الاحتمالي. أطلق فيشر مسمّى «الاحتمالية الإسنادية» على هذه الدلالة، وقام بعدها بالتعدّي على معتقداته الخاصة فطبّق المادة الرياضية نفسها التي يمكن تطبيقها على التوزيع الاحتمالي المعتاد. لقد تمنى فيشر أن تكون النتيجة عبارة عن مجموعة من القيم المعقولة للمتغير، مقابل البيانات الملحوظة.

كان هذا ما استنتجه نيمان تماماً. فإن للأسلوبين النتيجة ذاتها لو كان المتغير هو معامل الوسط للتوزيع الاحتمالي، ومن هنا استنتج فيشر أن نيمان سرق منه فكرة التوزيع الإسنادي وأطلق عليها مسمًى آخر. لم يستطع فيشر التقدم كثيراً في التوزيع الإسنادي لتناقضه مع متغيرات معقدة أخرى مثل الانحراف المعياري، بينما يتماشى نموذج نيمان مع كل المتغيرات. لم يتمكن فيشر أبداً من فهم الفرق بين الاتجاهين

وتمسك برأيه إلى آخر لحظة. إن مراحل الثقة عند نيمان، كانت في الغالب، تعميماً لإسناده المرحلي. لقد كان متأكداً أن تعميم نيمان الجلي سوف يتعطل عندما يواجه مسائل معقدة، تماماً مثلما حدث مع إسناده المرحلي.

الاحتمالية مقابل مستوى الثقة

لم يفشل النهج الذي اتبعه نيمان بغض النظر عن درجة تعقيد المسألة، مما عمم استخدامه في التحليلات الإحصائية. لم تكن مشكلة نيمان الحقيقية مع الثقة المرحلية هي ذاتها التي توقعها فيشر، بل كانت المشكلة التي أثارها باولي في بداية نقاشه. ماهية مفهوم الاحتمالية في هذا السياق؟ ومن خلال إجابته، عاد نيمان إلى التعريف الترددي للاحتمالية في الحياة الحقيقية. وكما ذكر هنا وأوضح لاحقاً في أبحاثه عن مراحل الثقة، أنه يجب مشاهدتها من خلال جميع المراحل، وليس من خلال كل نتيجة على حدة. سيجد الإحصائيون الذين يقومون بحساب نسبة 95٪ من مراحل الثقة، أن القيمة الحقيقية للمتغير تكمن في نسبة 95٪ من المرحلة المحسوبة للزمن. فلنلاحظ أن الاحتمالية المصاحبة لمراحل الثقة عند نيمان، لم تكن الاحتمالية التي تثبت صحة ما نقول، بل إنها الحالات الصحيحة المتكررة التي يستخدم فيها الإحصائي هذه الطريقة على المدى الطويل. ولم تخبرنا مطلقاً عن مدى «دقة» التقديرات الحالية.

لم يجنب الاستعمال الشامل لمراحل الثقة في العلوم إلى الوقوع في الكثير من الأفكار الواهية، رغم دقة نيمان في تعريف

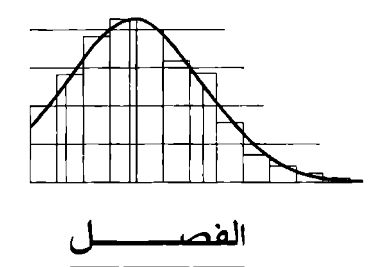
هذا المفهوم، ودقة الإحصائيين مثل باولي في الحفاظ على دقة وسلامة هذا المفهوم. من غير المألوف مثلاً، لكل من يستخدم نسبة 95٪ من مراحل الثقة أن يقرر أنه متأكد «بنسبة 95٪» أن المتغير يكمن خلال تلك المرحلة. سوف نتعرف في الفصل الثالث عشر على ل. ج. (جيمي) سافاج وبرونو دي فينيتي L.J. (Jimmie) Savage and Bruno de Finetti ونصف أعمالهما عن الاحتمالية الشخصية، التي تشرح استخدام مثل تلك الحالات. لكن تبقى درجة حسابات درجة وثوق شخص من أمر ما، مختلفة عن حسابات مراحل الثقة. يوجد الكثير من المطبوعات الإحصائية تظهر فيها روابط المتغير المشتقة تبعاً لأساليب سافاج ودي فينيتي، تختلف بشكل مثير عن روابط الثقة لدى نيمان والمأخوذة أيضاً من البيانات نفسها.

وبالرغم من التساؤلات عن معنى الاحتمالية في هذا الموضوع، فقد أصبحت روابط الثقة لدى نيمان الأسلوب القياسي لحساب تقدير الفترة. يقوم معظم العلماء بحساب نسبة 90٪ أو 95٪ من روابط الثقة ويتصرفون كما لو أنهم متأكدون من أن الفترة تحتوي على القيمة الحقيقية للمتغير.

لا يتحدث أو يكتب أحد الآن عن «التوزيعات الإسنادية»، فقد ماتت الفكرة مع فيشر. وأثناء محاولته إنجاح هذه الفكرة، قدم فيشر أبحاثاً مهمة وذكية. بعضها أصبح سائداً؛ وبعضها بقي في الحالة غير التامة التي تركها عليها.

اقترب فيشر في هذا البحث من تخطي خطوط الفروع الإحصائية لما أسماه «الاحتمالية العكسية». وكان ينسحب في كل مرة. بدأت فكرة الاحتمالية العكسية مع الراهب توماس بييز Reverend Thomas Bayes وهو عالم رياضيات هاوٍ من القرن الثامن عشر. داوم بييز على مراسلاته مع رواد علماء عصره، وقدم لهم المسائل الرياضية المعقدة. وذات يوم، وأثناء عبثه بالتركيبات الرياضية الثابتة للاحتمالية، جمع مسألتين بعلم الجبر البسيط واكتشف أموراً أخافته.

سوف نتعرّض في الفصل المقبل للبدع البييزينية Bayesian heresy ولماذا رفض فيشر الاستفادة من الاحتمالية العكسية.



الفصل

13

البدع البييزينية

كانت جمهورية البندقية الهادئة مركز قوة في منطقة البحر المتوسط من القرن الثامن إلى بداية القرن الثامن عشر. سيطرت في ذروتها على معظم الشاطئ الآدرياتيكي وجزر كريت وقبرص، واحتكرت التجارة من الشرق إلى أوروبة. كان يحكمها مجموعة من العائلات النبيلة حافظت على الديموقراطية في ما بينها، وأطلقوا لقب (دوج) doge على الحاكم. لقد حكم البندقية منذ إنشاء الجمهورية سنة 697 إلى أن تم احتلالها من قبل النمسة سنة 1797، نحو 150 حاكماً، دام حكم بعضهم سنة أو أقل، وحكم أحدهم مدة أربع وثلاثين سنة.

ومع موت الحاكم الحالي، تنشغل الجمهورية بالانتخابات المنسقة، فيتم اختيار مجموعة صغيرة مرشحة من بعض أعضاء العائلات النبيلة كبار السن.

يقوم المرشحون بضم

أعضاء إضافيين إليهم في مرحلة الانتخاب الأولى، ومن ثم يتم اختيار القليل من هذه المجموعة. ويستمر هذا لعدة مراحل حتى يتم اختيار الحاكم من قبل المجموعة النهائية من بين هؤلاء المرشحين.



قصر «الدوج» في ذروة القوة الفينيقية

وفي بداية تاريخ الجمهورية، كان يتم اختيار المتحدثين في كل مرحلة عن طريق إعداد مجموعة من الكرات الشمعية، بعضها فارغ والبعض فيه قصاصة ورق كتب عليها كلمة متحدث. وفي القرن السابع عشر،تم تنفيذ المراحل الأخيرة باستخدام كرات ذهب وفضة لها الحجم نفسه. عندما توفي الحاكم رينيري زينو Rainieri Zeno سنة 1268، كان عدد

المتحدثين في المرحلة الثانية نحو ثلاثين، وأُعد لذلك ثلاثون من كرات الشمع، في تسع منها قصاصات ورقية. ثم يتقدم طفل صغير ويختار كرة من السلة، ويسلمها للمتحدث الأول، فيفتحها ليرى إذا ما كان هو من متحدثي المرحلة التالية. ومن ثم يختار الطفل كرة أخرى ويسلمها للمتحدث الثاني، الذي يقوم بفتحها وهكذا دواليك.

قبل اختيار الطفل للكرة الأولى، يكون لدى كل عضو في المجموعة احتمالية بنسبة 9/ 30 لكونه متحدثاً للمرحلة التالية. وإذا كانت الكرة الأولى فارغة، تصبح نسبة اختيار الأعضاء الباقين 9/ 29 . أما إذا احتوت الكرة الأولى على القصاصة، تصبح نسبة فرصة اختيار الأعضاء الباقين نحو 8/ 29. وبمجرد اختيار الكرة الثانية وعرض ما فيها، فإن احتمالية اختيار العضو التالي كمتحدث ستكون مماثلة في الزيادة والنقصان، معتمدة على نتائج السحب. ويستمر ذلك إلى أن يتم اختيار الكرات التسع ذات القصاصات. وتقل في هذه المرحلة فرصة اختيار متحدثٍ من الأعضاء الباقين للمرحلة التالية إلى درجة صفر.

هذا مثال للاحتمالية المشروطة. إذ تعتمد احتمالية أن يصبح عضو ما متحدثاً في المرحلة التالية على الاختيار الأسبق لاختياره. أوضح جون مينارد كيينز John Maynard Keynes أن كل الاحتمالات مشروطة. وهكذا، فإن احتمالية اختيار كتاب مجلد بالقماش بطريقة عشوائية من أرفف مكتبته، مشروطة على

الكتب الموجودة فعلاً في مكتبته وتبعاً لكيفية اختياره «عشوائياً». واحتمالية وجود خلايا سرطانية صغيرة في الرئة عند بعض المرضى مشروط بتاريخ المريض بالتدخين. إن قيمة ـ ب المقدرة لاختبار الفرضية الصفرية لآثار عدم المعالجة لتجارب مضبوطة مشروطة على نوع تصميم التجربة. إن الجانب المهم في الاحتمالية المشروطة هو أن احتمالية بعض الوقائع (فوز مجموعة من الأرقام باليانصيب مثلاً) مختلفة لأسباب احتمالية مسبقة.

اعتمدت كل صيغ الاحتمالات المشروطة التي تطورت في القرن الثامن عشر على فكرة، أن الأحداث المشروطة حدثت قبل الحادثة المطلوب البحث عنها. قامت عائلة الراهب توماس بييز Reverend Thomas Bayes في أواخر هذا القرن بالتلاعب في صيغ الاحتمالات المشروطة وتوصلت إلى اكتشاف مذهل: أن للصيغ تناظراً داخلياً.

فلنفترض وقوع حدثين في فترة زمنية، مثل خلط مجموعة من أوراق اللعب وتوزيع خمس أوراق للاعب الورق. فلنطلق على الحدثين «قبل» و «بعد». من المنطقي التحدث عن احتمالية «بعد». مشروطة بـ «قبل». فإذا لم نخلط الأوراق بشكل جيد، فسيؤثر على احتمالية حصول اللاعب على آصين. اكتشف بييز أنه بإمكاننا حساب احتمالية «قبل»، مشروطة بـ «بعد». وهذا غير منطقي. ستبدو مثل تأكيد احتمالية وجود أربعة أصوص (من فئة الرقم واحد) في أوراق اللعب، مفترضين

أن بيد اللاعب آصين. أو احتمالية أن المريض كان مدخناً، مفترضين إصابته بسرطان الرئة. أو احتمالية مشروعية اليانصيب مفترضين أن الفائز الوحيد يدعى تشارلز أ. سميث. Charles A. Smith.

وضع بييز هذه الحسبة جانباً. لقد وجدت بين أوراقه عند موته، ونشرت بعد موت مؤلفها. لقد أفسدت نظرية بييز[1] وقتها المادة الرياضية للتحليل الإحصائي. بعيداً عن المنطق، فإن قلب بييز للاحتمالية المشروطة أصبح أكثر منطقية. عند محاولات علماء الأوبئة العثور على الأسباب الممكنة للحالات الطبية النادرة، مثل أعراض مرض ريس Reye's Syndrome، فإنهم يقومون بدراسة مضبوطة لحالة ما. في مثل هذه الدراسة، يتم تجميع مجموعة من الحالات لهذا المرض، ومن ثم تتم مقارنتها بمجموعة من المرضى (المضبوطين)، الذين لا يعانون من المرض ذاته ولكن حالتهم مشابهة. يقوم علماء الأوبئة بحساب احتمالية معالجات وحالات سابقة، مفترضين أن المرضى المضبوطين لديهم المرض نفسه. ومن هنا يتضح أثر التدخين على مرضى القلب وسرطان الرئة عند بداية اكتشاف

(1) يظهر قانون ستيغلر في تزييف الأسماء تماماً بهذا الاسم. لقد كان بييز بعيداً عن كونه الشخص الأول ليُظهر التناظر في الاحتمالية المشروطة. لقد اتضح أن عائلة البرونيللي كانوا على دراية بها. وكذلك دي موافر رجع إليها في أعماله. وعلى كل لقد حصل بييز وحده على هذه السمعة (أو بسبب تردد بييز بالنشر، يمكننا إيقاع اللوم عليه).

الحالة. وظهر أثر المهدئ ثاليدوميد على التشوهات الخلقية عند دراسة حالة مضبوطة.

إن استخدام نظرية بييز لتقدير متغيرات التوزيع أكثر أهمية من الاستخدام المباشر للنظرية في قلب الاحتمالية المشروطة. هناك إغراء في معاملة متغيرات التوزيع على أنها أعداد عشوائية، وفي حساب الاحتمالات المصاحبة للمتغيرات. على سبيل المثال، بإمكاننا مقارنة طريقتي علاج للسرطان مستنتجين «أننا متأكدين بنسبة 95٪ أن سنوات العيش الخمس بعد معالجة أ أعلى من نسبتها في علاج ب». ويمكن تطبيق هذا باستعمال نظرية أو اثنتين من نظريات بييز.

أسئلة حول «الاحتمالية العكسية»

جرى اعتبار، ولعدة سنوات، استخدام نظرية بييز في هذا المجال على أنه غير لائق. هناك أسئلة مهمة عن معنى الاحتمالية عندما تُستخدم للمتغيرات. كما أن أساس الثورة البيرسونية يكمن في عدم أهمية القياسات العلمية. بل كما أوضح بيرسون، كانت احتمالات توزيع لتلك القياسات، والهدف من البحث العلمي هو تقدير المتغير (الثابت وغير المعروف) الذي تضبط قيمة التوزيع. إذا اعتبرنا المتغيرات أرقاماً عشوائية (مشروطة على القياسات الملحوظة)، فسيمنعنا هذا الاتجاه من الحصول على معنىً واضح.

تجنب الإحصائيون بحذر في بداية القرن العشرين،

«الاحتمالية العكسية،» كما جرت تسميتها. وفي إحدى المناقشات أمام المجتمع الإحصائي الملكي بعد أحد أبحاثه الأولى، تم اتهام فيشر باستخدامه الاحتمالية العكسية، ولكنه دافع عن نفسه بكل جرأة ضد هذه التهمة الشنيعة. اتضح أن نيمان استخدم في بحثه الأول متضمناً مراحل الثقة الاحتمالية العكسية، ولكن فقط كوسيلة رياضية حول بعض الحسابات. وأوضح في بحثه الثاني كيفية الوصول إلى النتيجة نفسها من غير اللجوء إلى نظرية بييز. وبقدوم سنة 1960 بدأت القوة الكامنة والفائدة من هذا الاتجاه بجذب الكثير من العاملين. وأصبحت البدعة البييزينية جديرة بالاحترام أكثر من قبل، ووصلت في نهاية القرن العشرين إلى درجة عالية من القبول حتى أصبحت معظم المقالات التي تظهر في مجلات مثل السجلات الإحصائية، والبيومتريكا تستفيد من تلك الأساليب البييزينية. ومازال تطبيق البدعة البييزينية موضع شك، وخاصة في العلوم الطبية.

تكمن الصعوبة في شرح البدعة البييزينية لوجود الكثير من الأساليب المختلفة في التحليل، ومؤسستين تتبعان المنطق على الأقل لاستخدام هذه الأساليب. دائماً كأفكار مختلفة تماماً، لها نفس السمة البييزينية. سأضع في عين الاعتبار لاحقاً، تركيبتين للبدعة البييزينية: أسلوب السلسلة البييزينية ، والاحتمالية الفردية.

النموذج التسلسلي البييزيني

أبدت النماذج الإحصائية للتحليل النصي تقدماً عظيماً مع بداية سنة 1970، ابتداءً بأعمال قام بها فريدريك موستيللر Frederick Mosteller وديفيد والاس David Wallace، اللذين استخدما الأساليب الإحصائية لتقرير حقوق تأليف الأبحاث الفدرالية المختلف فيها. توصلا إلى إقرار من الدستور الأمريكي الجديد من ولاية نيويورك في سنة 1787-1788، وقام جيمس ماديسون James Madison، وأليكساندر هاملتون Alexander Hamilton، وجون جيي John Jay، بكتابة سلسلة من سبعين مقالة تدعم هذا الإقرار. وتم توقيع المقالات بأسماء مستعارة. وفي بداية القرن التالي، تعرف هاملتون وماديسون على الأبحاث التي ادعوا تأليفها. وادعى كل منهم[2] خاصته في اثني عشر بحثاً.

وفي أثناء تحليلاتهما الإحصائية للأبحاث المختلف فيها، قام موستيللر ووالاس بالتعرف على مئات الكلمات الإنجليزية التي ينقصها «المضمون». وهذه كلمات مثل إذا if، متى when، من أجل because، فوق over، فترة whilst، مثل as، و and. ولهذه الكلمات أهمية في إبراز المعنى النحوي للجملة، ولكنها لا

(2) لقد كان ماديسون في الحقيقة من ادعى ذلك لنفسه. لقد كان هذا رداً على سلسلة من الأبحاث اعتقد أن هاملتون كان قد كتبها وحررها أصدقاؤه بعد ثلاث سنوات من موته.

تحمل معاني معينة، ويعتمد استخدامها أساساً على أسلوب اللغة النحوي. ومن ضمن مئات الكلمات التي لا مضمون لها، وجدوا ثلاثين كلمة اختلف المؤلفان في تكرار استخدامها بكتاباتهما.

استخدم ماديسون على سبيل المثال، كلمة على upon بمعدل 0,23 مرة كل ألف كلمة، واستخدم هاملتون الكلمة ذاتها بمعدل مرة كل ألف كلمة. (أحد عشر من أصل اثني عشر بحثاً مختلف فيها لا يستخدم كلمة (على upon) على الإطلاق، والأبحاث الأخرى لها معدل استخدام بنسبة 1.1 مرة كل ألف كلمة). لا تصف هذه المعدلات الترددية أي مجموعة بعينها من الألف كلمة، علما أنها ليست أرقاماً صحيحة أي أنها لا تصف سلسلة من الكلمات الملحوظة. فهي، على كل حال، تقديرات لأحد متغيرات التوزيع في الكلمات عند الكتابة عن طريق شخصين مختلفين.

والسؤال في حقوق التأليف المختلف فيها: هل تأتي نماذج استخدام تلك الكلمات من احتمالات التوزيع المرتبطة بهاملتون؟ ولهذه التوزيعات متغيرات، وتختلف المتغيرات المحددة التي توضح عمل ماديسون وهاملتون. يمكن تقدير المتغيرات فقط من أعمالهم، وقد تخطئ هذه التقديرات. ويغشى نوع من الغموض في محاولة تحديد نوع التوزيع على البحث المختلف فيه.

يمكن الحصول على تقدير مستوى الغموض، بملاحظة أن

القيم المحددة لهذه المتغيرات لكلا الرجلين، مأخوذة من توزيع يصف المتغيرات المستخدمة من قبل الناس المتعلمين، الذين يكتبون الإنجليزية في شمال أمريكا في نهاية القرن الثامن عشر. على سبيل المثال، استخدم هاملتون الكلمة في in 24 مرة كل ألف كلمة. واستخدم ماديسون الكلمة ذاتها نحو 22 إلى 25 مرة كل ألف كلمة.

تكون المتغيرات لكل رجل عشوائية وذات توزيع احتمالي حسب النماذج المصاحبة للاستعمال العام للكلمات في ذلك الزمان والمكان. بهذه الطريقة، فإن المتغيرات التي تؤدي إلى استعمال الكلمات التي لا مضمون لها من قبل هاملتون أو ماديسون لها نفسها متغيرات، والتي يمكن أن نسميها «المتغيرات الفوقية». وبإمكاننا تقدير المتغيرات الفوقية باستخدام الأعمال المكتوبة لمؤلفين آخرين في ذاك الزمان والمكان.

تتغير اللغة الإنجليزية بتغير الزمان والمكان. ففي الأدب الإنجليزي مثلا للقرن العشرين، يتكرر استعمال كلمة في in أقل من 20 مرة كل ألف كلمة، وهذا مؤشر إلى تغيير خفيف في نماذج الاستعمال خلال مدة 200 سنة أو أكثر منذ زمن هاملتون وماديسون. ويمكننا اعتبار المتغيرات الفوقية التي تعرف توزيع المتغيرات في القرن الثامن عشر في شمال أمريكا لاحتوائها توزيعاً احتمالياً بحد ذاتها عبر الأزمان والأماكن. ويمكننا استخدام كتابات من أزمنة وأماكن أخرى، إضافة إلى كتابات القرن الثامن عشر في شمال أمريكا، لتقدير متغيرات المتغيرات

الفوقية، والتي نسميها «المتغيرات لفوق الفوقية».

يمكننا بإعادة استخدام نظرية بييز تقرير توزيع المتغيرات، ومن ثم المتغيرات الفوقية. ويمكننا الاستمرار في هذه السلسلة إلى أبعد من ذلك عن طريق إيجاد توزيع المتغيرات فوق الفوقية، عبر المتغيرات فوق فوق الفوقية وهكذا دواليك. لا يوجد هنا مرشح واضح للأجيال لإضافة المزيد من الغموض. وباستخدام التقديرات للمتغيرات فوق فوق الفوقية، تمكن موستيللر ووالاس من قياس الاحتمالية المصاحبة للحالة: كتب ماديسون (أو هاملتون) هذا البحث.

لقد تم تطبيق نماذج السلسلة البييزينية بنجاح منذ بداية سنة 1980 على الكثير من المسائل الصعبة في الهندسة والأحياء. وتظهر مثل هذه المسائل عندما تكون البيانات من توزيعين أو أكثر. يقدم المحلل حينها وجود متغيرات غير ملحوظة تبين لنا نوع التوزيع الذي تأتي منه الملاحظات المعطاة. وهذه العلامة المطابقة متغير، ولكن لها توزيعاً احتمالياً (مع متغيرات فوقية) يمكن دمجها في الدالة الأرجحية. والقياسات التكرارية عند لاريد ووير Larid and Ware مناسبة بشكل خاص لهذا النوع من المسائل.

إن الاستخدام المفرط للأساليب البييزينية في الكتابات الإحصائية مليئة بالتشويش والنزاع. يمكن تقديم أساليب مختلفة بنتائج مختلفة، ولا يوجد مقياس واضح لتقرير صحة هذه

الأساليب. اعترض المتمسكون بالتقاليد على استخدام نظرية بييز بشكل عام، ولم يوافق البييزينيون على تفاصيل نماذجهم. يستصرخ الوضع لعبقري مثل ر.آ فيشر كي يقدم مبدأً موحداً لحل كل هذه الخلافات. لم يظهر إلى الآن مثل ذلك العبقري حتى بعد دخولنا القرن الحادي والعشرين. وتبقى المشكلة محيرة كما كانت بالنسبة لريفارند توماس بييز منذ 200 سنة مضت.

الاحتمالية الفردية

وهو اتجاه بييزيني آخر أكثر صلابة، مفهوم الاحتمالية الفردية. لقد كانت الفكرة موجودة منذ العمل الأول لعائلة بيرنوللى Bernoulli عن الاحتمالية في القرن السابع عشر. وفي الواقع لقد نشأت كلمة احتمالية لتتعامل مع شعور الغموض الفردي.

طور ل.ج. (جيمي) سافاج L. J. (Jimmie) Savage وبرونو دي فينيتي Bruno de Finetti الكثير من الرياضيات في ما وراء الاحتمالية الفردية في سنة 1960 و 1970. حضرت محاضرة في مؤتمر إحصائي في جامعة في شمال كارولينا في نهاية 1960 لما اقترح سافاج بعض هذه الأفكار. كما ادعى عدم وجود ما يؤكد الحقائق العلمية المبرهنة. ولكن هناك فقط تقارير أو حقائق، ممن يدعون أنهم علماء، يصحبه احتمالية عالية. يقول مثلا، إن معظم الذين يسمعونه في حديثه سوف تربطهم احتمالية عالية،

لذلك التقرير أو الحقيقة: «العالم مستدير». ومن ناحية أخرى، إذا أجرينا إحصاء بتعداد سكان العالم، سوف نجد غالباً الكثير من الفلاحين في وسط الصين تربطهم احتمالية ضعيفة لذلك التقرير. في ذلك الوقت، على سافاج أن يتوقف عن الكلام لأن مجموعة من الطلاب في الجامعة ذهبوا للسباق خارج القاعة وهم يصرخون، «أغلقوها! إضراب، إضراب أغلقوها!» لقد كانوا يعترضون على حرب فيتنام ويدعون طلبة الجامعة إلى الإضراب. وباختفاء أصواتهم في الممر وبانطفاء الشغب، ينظر سافاج من النافذة و يقول، «كما تعلمون، قد نكون الجيل الأخير الذي يعتقد أن الكون مستدير».

هناك عدة أوجه للاحتمالية الفردية. في أحد الأطراف الاتجاه سافاج ودي فينيتي، الذي يقول أن كل فرد له احتمالاته الخاصة به. وفي الطرف الأخر وجهة نظر كيينز بأن الاحتمالية هي درجة من الاعتقاد يتوقع أن يحملها الشخص المتعلم في حضارة ما. من وجهة نظر كيينز، لكل حضارات معينة «علماء»، سافاج أو «فلاحو الصين» ممكن أن يتوافقوا في درجة عامة من الاحتمالية تستمر في حالة معينة، لاعتماد هذا النوع من الاحتمالية على الحضارة والزمن، ومن الممكن أن يكون المستوى المناسب من الاحتمالية غير صحيح بمعنى أصح.

اقترح سافاج ودي فينيتي أن كل فرد له مجموعة معينة من الاحتمالات الفردية، ووصفوا استنتاج هذه الاحتمالات عن طريق تقنية تدعى «معيار المقامرة». ومن أجل مشاركة حضارة

بأكملها في مجموعة من الاحتمالات المعطاة، كان على كيني أن يضعف التعريف الرياضي ويعزو الاحتمالية بالأكثر ليس كرقم محدد مثل (نسبة 67) ولكن أكثر كأسلوب في استنباط الأفكار (إن الاحتمالية التي ستمطر غداً أعظم من الاحتمالية التي ستثلج).

بغض النظر عن مفهوم تعريف الاحتمالية الفردية تماماً، تبدو الطريقة التي يستخدمها بييز في نظريته عن الاحتمالية الفردية، تتماشى مع الطريقة التي يفكر فيها معظم الناس. يبدأ الاتجاه البييزيني بمجموعة مبدئية من الاحتمالات في ذهن الشخص المعني. ومن ثم، يقوم الشخص بالمراقبة، أو إجراء التجارب وإنتاج البيانات. ومن ثم تستخدم البيانات لتعديل الاحتمالات المسبقة، وتنتج مجموعة تالية من الاحتمالات:

الاحتمالية المبدئية ← (البيانات) ← الاحتمالات البعدية

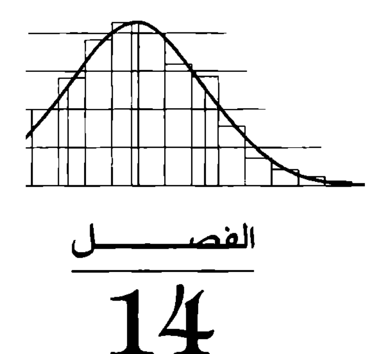
فلنفترض أن الشخص يتمنى تحديد ما إذا كانت جميع الغربان سوداء. يبدأ أولاً بمعلومات مسبقة عن احتمالات صحة ذلك الافتراض. فقد لا يعرف شيئاً عن الغربان مثلاً في البداية ويبدأ بالموازنة، 50 : 50، على أن كل الغربان لونها أسود. فلنفترض أنه رأى غراباً ولاحظ لونه الأسود، تزداد بذلك الاحتمالية البعدية. ثم يشاهد الغربان، فإن الاحتمالية المبدئية الجديدة (الاحتمالية البعدية القديمة) تصبح أكثر من نسبة 50 وتزداد بالتالي عن طريق ملاحظة المجموعة الجديدة من الغربان، والتي تكون كلها سوداء.

ومن ناحية أخرى، فقد يدخل الفرد العملية باحتمالات مبدئية قوية، لدرجة أنه يستطيع أخذ كمية كبيرة من البيانات لتغطيها. كان لدى العاملين في مفاعل محطة ثري مايلس آيلاند Three Miles Island لتوليد القوة الكهربائية في بنسلفانيا Pennsylvania، حيث وقعت كارثة القوة النووية بأمريكا سنة 1980، لوح كبير من المدرجات والمؤشرات لتتبع تطور المفاعل. كما كانت توجد الأنوار التحذيرية، وبعضها كان فيه عيوب فتصدر إنذارات خاطئة في الماضي. فكانت المعتقدات المبدئية لدى العاملين، أنه من الممكن لكل الأنوار التحذيرية الجديدة أن تعطي إنذاراً مزيفاً. حتى ولو كان نموذج الأنوار التحذيرية مصاحباً لمدرجات تنتج صورة متماسكة عن نقص المياه في المفاعل، واستمروا في رفض كل الأدلة. لقد كانت احتمالاتهم المبدئية قوية جداً لدرجة لم تغير البيانات، الاحتمالات البعدية كثيراً.

فلنفترض وجود احتمالين فقط، كما كانت الحالة في الأبحاث الفيدرالية المختلف فيها: لقد كتبها ماديسون وهاملتون فقط. وبعدها أدى تطبيق نظرية بييز إلى علاقة مشابهة بين الفروق المبدئية والبعدية في الوقت الذي تختصر فيه البيانات إلى شيء يسمى « عامل بييز». وهذه حسابات رياضية تصف البيانات من غير الرجوع إلى الفروق المبدئية إطلاقاً. وبهذا يمكن للمحلل حينها إخبار القارئ، إدخال الفروق المبدئية التي يتمناها، ومن ثم يتم ضربه بمعامل بييز المحسوبة قيمته،

وحساب الفروق البعدية بالتالي. اتّبع موستيللر ووالس هذا الأسلوب في كل الأبحاث الفدرالية المختلف عليها.

لقد أجروا أيضاً تحليلين غير بييزينين لتكرار الكلمات التي لا مضمون لها. وتمكنوا بذلك من الوصول إلى أربعة أساليب لتحديد حقوق التأليف في الأبحاث المختلف عليها: الأسلوب البييزيني التسلسلي، وعامل بييز المحسوب، والتحليلين غير البييزينين. كيف ظهرت هذه النتائج كلها؟ لقد تم منح كل الإثني عشر إلى ماديسون بجدارة. إن استخدام عوامل بييز المحسوبة، في الواقع وفي بعض الأبحاث يتطلب من القارئ الحصول على فروق مبدئية أكبر من 100،000 إلى فرق واحد لصالح هاملتون من أجل استخراج فروق بعدية تعادل 50: 50.



الفصل

14

موزارت عصره في الرياضيات

لم يكن ر.آ فيشر العبقري الوحيد في مجال تطور الأساليب الإحصائية في القرن العشرين، فقد ترك آندريه نيكولافيتش كولموغوروف Andrei Nikolaevich Kolmogorov، والذي يصغر فيشر بثلاث عشرة سنة والمتوفى سنة 1987، عن عمر يناهز الخامسة والثمانين، أثراً واضحاً في الإحصاء الرياضي والنظرية الاحتمالية، التي بنيت على بعض أعمال فيشر بل وتخطت أعماله في العمق والتفصيل الرياضي.

وقد يكون أثر هذا الرجل المرموق على من كان يعرفه على قدر أهمية عطائه العلمي. كتب عنه أحد تلامذته ويدعى آلبرت ن. شيرييف Albert N. Shiryaev سنة 1991:

لقد كان آندريه نيكولافيتش

> كولموغوروف، ينتمي إلى مجموعة من الناس الذين يشعرونك بأنهم أناس غير عاديين، أشخاص عظماء وبالغو الروعة، الشعور بأنك قابلت أسطورة عصره. لقد كان كل شيء عن كولموغوروف غير عادي: حياته بأكملها، سنواته الدراسية والجامعية، اكتشافاته الرائدة في... الرياضيات... و الأرصاد الجوية وعلم قوة الموائع، والتاريخ واللغويات وعلم أصول التدريس. تشعبت اهتماماته بشكل غير عادي، من الموسيقى وفن العمارة إلى الشعر والسفر. لقد كانت معرفته واسعة وغير طبيعية، كما لو أن له رأياً علمياً حول كل الأمور... لقد (كان) شعور كل من قابل كولموغوروف بعد محادثة بسيطة شعوراً غير عادي. ينتاب المرء إحساسا بأن ذهنه في نشاط دائم.

ولد كولموغوروف سنة 1903 أثناء عودة أمه من كريمي Crimea، إلى منزلها في قرية تانوشنا Tunoshna جنوبي روسيا، وتوفيت أثناء الولادة. أشار أحد كتاب سيرته برقة: «كان ابنا لوالدين لم يتزوجا بشكل رسمي». كانت ماريا ياكوفليفنا كولموغوروفا Mariya Yakovlevna Kolmogorova عائدة إلى منزلها في آخر مراحل الحمل بعد أن هجرها صديقها. وفي أشد مراحل الطلق، أُنزلت من القطار في مدينة تامبوف Tambov. حيث أنجبت طفلها في هذه القرية الغريبة عنها، وتوفيت على إثرها. لم يرجع إلى تانوشنا إلا ابنها. قامت خالاته العوانس على رعايته، وأصبحت خالته فيرا ياكوفليفنا

Vera Yakovlevna أمه البديلة. أنشأت خالتاه مدرسة صغيرة من أجل آندريه وأصدقائه في القرية، وقامتا بإصدار مجلة منزلية، سبرنغ سوالوس Spring Swallows، ونشرتا فيها أول جهوده الأدبية. قام وهو ما يزال ابن خمس سنين بأول اختراع له في الرياضيات (والذي ظهر في مجلة سبرنغ سوالوس). لقد وجد أن مجموع (ك) من الأعداد الفردية يساوي تربيع (ك). وصار بعد أن كبر يعطي زملاءه في الفصل مسائل، وتظهر تلك المسائل وطرق حلها في مجلة سبرنغ سوالوس. وأحد الأمثلة لهذه المسائل: ما هو عدد الطرق لخياطة زر بأربع فتحات؟

تعلم كولموغوروف في الرابعة عشرة من عمره الرياضيات المتقدمة من موسوعة علمية، فملأ ما نقصه من البراهين. كان يثير في المدرسة الثانوية أستاذ الفيزياء الشاب باختلاق تصاميم لسلسلة من آلات الحركة الأبدية. لقد كانت هذه التصاميم بمنتهى الذكاء يصعب على الأستاذ اكتشاف أي خطأ فيها (والتي أخفاها كولموغوروف بكل حذر). قرر أن يأخذ اختباراته النهائية قبل انتهاء المدرسة الثانوية بسنة. أبلغ أساتذته بذلك، وطُلب منه أن يعود بعد فرصة الغداء، فذهب يتمشى قليلاً وعند عودته، قامت هيئة الفحص بإعطائه شهادته من غير إجراء اختبار له. لقد ذكر لشرياف Shiryaev لاحقاً أن ذلك شكل له خيبة أمل كبيرة حيث إنه كان متشوقاً للتحدي الذهني.

وصل كولموغوروف إلى موسكو سنة 1920 للالتحاق بالجامعة وهو في السابعة عشرة من عمره. دخل كطالب في

قسم الرياضيات ولكنه حضر الكثير من المحاضرات في مجالات أخرى مثل علم المعادن، وشارك في حلقة دراسية في التاريخ الروسي. وكجزء من الحلقة، قدم الجزء الأول من بحثه المعد للنشر، اختبار لتمليك الأراضي في نوفغورود Novgorod في القرن الخامس والسادس عشر. انتقد أستاذه بحثه هذا لعدم اعتقاده أن كولموغوروف قدم براهين كافية في بحثه. وقام معرض الآثار القديمة لاحقاً بتأكيد ظنون كولموغوروف.

وبكونه طالباً في جامعة ولاية موسكو، كان يعمل وقتاً إضافياً في مدرسة ثانوية، والتحق بالكثير من الأنشطة اللامنهجية. استمر في دراسة المواد الرياضية وتخرج منها في موسكو. لقد كان هناك مجموعة من أربع عشرة مادة من متطلبات القسم. لقد كان أمام الطلبة الخيار بالقيام باختبار نهائي في مادة معينة أو تقديم بحث مبتكر. حاول القليل تقديم أكثر من بحث. لم يأخذ كولموغوروف الاختبار أبداً، لكنه أعد أربعة عشر بحثاً مع نتائج مبتكرة ولامعة في كل منها. «كانت إحدى النتائج خاطئة» تذكر قائلاً، «ولكني لم ألاحظ ذلك إلا لاحقاً».

تعرف علماء الغرب على الرياضي البارع كولموغوروف، من خلال سلسلة من الأبحاث والكتب نُشرت في مجلات ألمانية. سُمح له خلال سنة 1930 حضور بعض المؤتمرات المتعلقة بعلوم الرياضيات في ألمانيا والدول الاسكندنافية. اختبأ كولموغوروف الإنسان، خلف ستارة ستالين الحديدية أثناء وبعد الحرب العالمية الثانية. نشر سنة 1938 بحثاً رسخ فيه أساس



أ. ن. كولموغوروف مع التلامذة

النظريات لتمهيد وتنبؤ المتغيرات الاتفاقية الثابتة (وسوف يتم شرح ذلك لاحقاً في الفصل). أصدر نوربرت فينر Norbert Wiener تعليقاً مهماً عن سرية جهود الحرب بينما كان يعمل في معهد ماستشوستس للتكنولوجيا Massachusetts Institute of Technology، على تطبيقات لمثل هذه الأساليب في المسائل الحربية أثناء وبعد الحرب. واعْتُبرت هذه النتائج مهمة لجهود الحرب الأمريكية الباردة، وتم التصريح عن عمل فينر على أنه السر الكبير. لكن فينر أصر على أنه يمكن استنباط كل هذا من بحث كولموغوروف السابق. انشغل كولموغوروف في تطوير تطبيقات النظرية لجهود الحرب السوفيتية، ونسب وبكل تواضع كما امتازت به جميع إنجازاته، الفكرة الأساسية لـ ر.آ. فيشر، الذي استخدم أساليب مشابهة في أعماله في علم الوراثة.

كولموغوروف الرجل

بدأت حلقة الشك الحديدية بالانفتاح، مع وفاة ستالين سنة 1953. اندمج وشارك كولموغوروف، الرجل، في الاجتماعات العالمية، وبتنظيم مثل هذه الاجتماعات في روسيا. وتعرف عليه من لم يعرفه في عالم الرياضيات. لقد كان رجلاً متلهفاً، ودوداً ومنفتحاً ومحباً للدعابة، له اهتمامات واسعة وحب للتعليم. لقد كان ذهنه منشغلاً بالتفكير بكل ما يُسمع حوله. أتخيل الآن صورة لكولموغوروف وهو يستمع لمحاضرة الإحصائي البريطاني ديڤيد كندال David Kendall في تبيليسي Tbilisi سنة 1963. تدلت نظارته إلى نهاية أنفه، انحنى جسمه إلى الأمام، يتتبع المناقشة بلهفة شديدة. يمكنك ملاحظة تميز شخصيته البراقة والنابضة بالحياة من بين الحاضرين.

كان التعليم من بين الأنشطة المفضلة لديه، وتنظيم الدروس في مدرسة للأطفال الموهوبين في موسكو. لقد كان يستمتع بتعريف الأطفال على الموسيقى والأدب. كان يأخذهم في نزهات سيراً على الأقدام وفي حملات تعليمية. كان يرى أن كل طفل يجب أن يكون لديه «تطور واسع وطبيعي للشخصية ككل»، كتب ديڤيد كندال. «لم يقلقني كونهم لم يصبحوا علماء في الرياضيات. ومهما كانت المهنة التي اختاروها، كان يشعر بالرضا عند بقاء نظرتهم واسعة وشغفهم للمعرفة متقداً».

تزوج كولموغوروف سنة 1942 من آنا ديمتريڤينا إيغوروڤا

Anna Dmitievna Egorova، وعاشا معاً حياة زوجية سعيدة حتى بلغا الثمانين من العمر. كان يعشق السير في الجبال والتزلج، وكان يقوم وهو في السبعين من عمره برحلات مع مجموعة من الشباب لصعود ممرات جباله المفضلة، يناقش في أثنائها العلوم الرياضية، والأدب والموسيقى وأمور الحياة بشكل عام. التحق سنة 1971 بمعرض علمي في اكتشاف المحيطات في مركبة الأبحاث دميتري منديليف Dmitri Mendeleev. انبهر معاصروه بكل الأمور التي تهمه وبالمعلومات التي لديه. قام خلال لقائه مع البابا جون بول الثاني Pop John Paul II، بمناقشة أمر التزلج مع البابا الرياضي، وأشار أنه أثناء القرن التاسع عشر، قاموا بتبديل الباباوات البدناء بآخرين خفيفي الوزن وأن البابا جون بول الثاني كان الرابع والستين بعد المئتين منهم. تبين أن من أحد اهتماماته هو تاريخ الكنيسة الرومانية الكاثوليكية. أعطى محاضرات على إحصاء التحليل النَصِّي للشعر الروسي، وكان بإمكانه سرد مجموعة طويلة من بوشكين Pushkin عن ظهر قلب.

تم تنظيم جلسة في جامعة ولاية موسكو للاحتفال بميلاد كولموغوروف الخمسين وذلك سنة 1953. قال أحد المتكلمين، البروفيسور المتقاعد، باڤال أليكساندروف Pavel Aleksandrov:

> ينتمي كولموغوروف إلى مجموعة من علماء الرياضيات، ممن يقودنا كل عمل من أعمالهم إلى إعادة تقييم كاملة. من الصعب الحصول على عالم

رياضيات في وقتنا الحالي ليس فقط بمثل اهتمامات كولموغوروف الواسعة، بل بتأثيره الواضح على علم الرياضيات... لقد اعتبره هاردي Hardy (عالم رياضيات رائد من بريطانيا) أخصائياً بعلم المثلثات، كما اعتبره ڤون كارمان von Karman (عالم فيزياء ألماني بعد الحرب العالمية الثانية) أخصائياً في علم الميكانيكا. قال غودل Godel (فيلسوف في النظريات الرياضية) في إحدى المرات، أن أساس وجوهر عبقرية الإنسان هو طول عمر فترة الشباب. للشباب علامات كثيرة، من إحداها الإثارة. والإثارة في الرياضيات هي من إحدى علامات عبقرية كولموغوروف. وتكمن إثارة ومتعة كولموغوروف في أعماله الخلاقة، في مقالاته في الموسوعة السوڤييتية الكبيرة Large Soviet Encyclopedia، وفي تطويره لبرنامج رسالة الدكتوراه. وهذا جانب واحد منه. والجانب الآخر كرسه لعمله.

وماذا كانت نتائج تكريسه وقته للعمل؟ من الأسهل علينا تعداد المجالات التي لم يكن لكولموغوروف أثر واضح عليها مثل الرياضيات والفيزياء وعلم الأحياء وعلم المنطق عن تعداد تلك التي ترك عليها بصماته. اكتشف سنة 1941 الاتجاه الرياضي الحديث لتدفق السوائل المضطرب. وفي سنة 1954 قام بفحص تداخل الجاذبية بين الكواكب، ووجد طريقة لصياغة الجوانب «غير القابلة للتكامل» التي تحدت التحليلات الرياضية لأكثر من مئة سنة.

عمل كولموغوروف في الرياضيات الإحصائية

قام كولموغوروف في مجال الثورة الإحصائية بحل مسألتين من أهم المسائل النظرية والحماسية. واقترب قبل موته من إيجاد حل لمسألة رياضية منطقية وعميقة تلتهم وسط الأساليب الإحصائية. والمسألتان الحماسيتان هما:

1. ما هي الأساسيات الرياضية الحقيقية للاحتمالية؟

2. ماذا يمكننا أن نفعل بالبيانات التي تم جمعها عبر الزمن، مثل الاهتزازات الأرضية التي تتبع الزلزال (أو بعد انفجار نووي تحت الأرض)؟

لم يكن مفهوم الاحتمالية بين علماء الرياضيات النظرية جيداً، عندما بدأ كولموغوروف بفحص السؤال الأول، وذلك لتطور التكنولوجيا الرياضية لحساب الاحتمالات خلال القرن الثامن عشر كأساليب حسابية ذكية. (مثل بكم طريقة يمكن سحب ثلاث مجموعات من خمس أوراق اللعب من المجموعة الكاملة بحيث يكون شخص واحد هو الفائز؟). لم يبد أن أساليب الحساب تتبع بنية نظرية أساسية محددة. كان معظمها ذات سمة خاصة، أنشئت لسد حاجة معينة.

يبدو ملائماً الحصول على طريقة ما لحل المسألة عند معظم الناس، ولكن وجد علماء الرياضيات في نهاية القرن التاسع عشر والقرن العشرين، ضرورة للنظريات الصارمة والثابتة والضمنية للتأكد من عدم وجود أخطاء في الحلول. لقد كانت هذه الأساليب الخاصة لعلماء رياضيات القرن الثامن عشر فعالة،

ولكنها أدت أيضاً إلى تناقضات ظاهرية صعبة عند سوء تطبيقها. كان العمل الأساسي لعلم الرياضيات في القرن العشرين، هو وضع هذه الأساليب أو الطرق الخاصة تحت بنية رياضية متينة. والسبب الرئيسي لأهمية عمل هنري ليبيسغ Henri Lebesgue هو: (كان هذا عندما أذهل جيرزي نيمان بعلمه للرياضيات، ولكنه خيب أمله عندما قابله لكونه شخصاً مملاً وغير لبقٍ)، إنه وضع الأساليب الخاصة لحساب التكامل على بنية متينة. وطالما ظلت نظرية الاحتمالية اختراعاً غير تام في القرن السابع والثامن عشر، فقد حكم علماء القرن العشرين بقلة أهميتها الرياضية (وشمل هذا أيضاً الأساليب الإحصائية).

فكر كولموغوروف بطبيعة حسابات الاحتمالية، واكتشف أخيراً أن الحصول على الاحتمالية لحدث ما تماماً، مثل الحصول على مساحة لشكل غير منتظم. كيّف الرياضيات الناشئة حديثاً لنظرية القياس إلى حسابات الاحتمالات. تمكن كولموغوروف بهذه الأدوات من معرفة مجموعة بسيطة من البديهيات نستطيع معها بناء هيكل نظرية كامل للاحتمالية. وهذه هي «بديهيات نظرية الاحتمالية» عند كولموغوروف. تُدرَّس الآن على أنها الرؤية الوحيدة للاحتمالية. فقد رسّخت كل الأسئلة حول صحة تلك الحسابات.

وبحله مسألة نظرية الاحتمالية، قام كولموغوروف بمهاجمة المسألة الرئيسية التالية والأساسية للأساليب الإحصائية (في ما بين تدريس الأطفال الموهوبين، وتنظيم الحلقات الدراسية،

وإدارة قسم علم الرياضيات، وحل مسائل في علم الميكانيكا والفضاء وعيش الحياة بكل معانيها). افترض ر.آ. فيشر وغيره من علماء الإحصاء، أن كل البيانات مستقلة، وذلك لجعل الحسابات الإحصائية ممكنة. فنظروا إلى سلسلة من القياسات على أنه تم استنتاجها عن طريق رمي النرد. وبما أن النرد لا يذكر الترتيب السابق، فإن كل رقم جديد كان مستقلاً تماماً عن الأرقام الأخرى.

لا تعتمد معظم البيانات على بعضها البعض. والمثال الأول الذي استخدمه فيشر في مجلة الأساليب الإحصائية لأبحاث العاملين، كان متابعة الوزن الأسبوعي لابنه حديث الولادة . كان واضحاً إذا اكتسب الطفل زيادة في الوزن غير عادية في أسبوع واحد، فإن وزن الأسبوع التالي سيظهر ذلك، أو إذا مرض الطفل ولم يزد وزنه في الأسبوع الأول، فإن وزن الأسبوع التالي سيعكس ذلك. من الصعب التفكير بأي سلسلة من البيانات تم جمعها مع الزمن في حالات حياة حقيقية تكون فيها الملاحظات المتعاقبة مستقلة حقاً.

تعامل فيشر في دراسته الثالثة «دراسات في تغير المحصول» (البحث الهائل الذي قدمه لي هـ. فيرفيلد سميث .H Fairfield Smith)، مع سلسلة من قياسات حصاد القمح المأخوذة في سنوات متعاقبة وقياسات لهطول الأمطار مأخوذة في أيام متعاقبة. فواجه المشكلة عن طريق إيجاد مجموعة من المتغيرات الصعبة، لاعتبار حقيقة أن البيانات المجموعة في فترة معينة تكون

غير مستقلة. ووجد مجموعة محددة من الحلول التي تعتمد على تبسيط الفرضيات التي قد تكون غير صحيحة. لم يتمكن فيشر من التقدم أكثر من ذلك، ولم يتابع أحد أعماله من بعده.

لم يفعل أحدٌ ذلك حتى جاء كولموغوروف. لقد قام بتسمية مجموعة من الأرقام تم جمعها عبر الزمن مع القيم المتعاقبة، تبعاً للأرقام السابقة «مرحلة المتغيرات الاتفاقية». أرست أبحاث كولموغوروف الرائدة التي نشرت قبل بداية الحرب العالمية الثانية، البنية الأساسية لأعمال أخرى من قبل نوربرت فينر Norbert Wiener في الولايات المتحدة، وجورج بوكس George Box في إنجلترا، وطلاب كولموغوروف في روسيا، وأصبح من الممكن بفضل أفكار كولموغوروف فحص سجلات تم تسجيلها منذ وقت، والحصول على نتائج مميزة. استخدمت الأمواج الممتدة على الشاطئ لتحديد عاصفة في المحيط الهندي. واستطاع المنظار الهوائي أن يفرق بين عدة مصادر (وربما، يوماً ما، قد تعترض رسالة من كوكب وناس آخرين). من الممكن معرفة ما إذا كان السجل السيموغرافي (مرسمة الزلزال) هو نتيجة لانفجار نووي تحت الأرض أو لزلزال طبيعي. تمتلئ المجلات الهندسية بمقالات تستفيد من الأساليب التي تم استنباطها من أعمال كولموغوروف بالنسبة لمراحل متغيرات الاتفاق.

ماذا تعني الاحتمالية على أرض الواقع؟

تعرَّض كولموغوروف في نهاية حياته لمعضلة أعقد بكثير،

وكانت فلسفية مثلما هي رياضية، ولكنه مات قبل أن ينهي عمله. قام جيل من علماء الرياضيات بالتفكير ملياً حول متابعة فكره وآرائه. ولحين كتابة هذا الكتاب، لم تحُل هذه المشكلة، وكما سأوضح في الفصول الأخيرة من هذا الكتاب، إذا لم تحُل هذه المسائل، فقد ينهار الاتجاه الإحصائي للعلوم من ثقل التناقض الذي فيه.

لقد كانت معضلة كولموغوروف الأخيرة هي التساؤل: ماذا تعني الاحتمالية على أرض الواقع؟ لقد أنتج نظرية رياضية مقنعة للاحتمالية. وهذا يعني أن النظريات وأساليب الاحتمالية كانت منسجمة مع نفسها من الداخل، ويبرز النموذج الإحصائي للعلوم من المنبع الرياضي الصافي، مطبقاً هذه النظريات على أرض الواقع. ولذا يجب أن تطابق الطرق الرياضية المجردة التي قدمها كولموغوروف لنظرية الاحتمالية ببعض جوانب الحياة الواقعية. كانت في الواقع مئات المحاولات لفعل ذلك، كل منها يعطي الاحتمالية معنىً مختلفاً في الحياة، وكل منها عرضةً للنقد. إن المسألة في غاية الأهمية، فتفسير النتائج الرياضية للتحليلات الإحصائية، يعتمد على مدى تطبيق هذه البديهيات على حالات واقعية.

نفترض في بديهيات كولموغوروف لنظرية الاحتمالية، أن هناك فضاءً مجرداً للأمور الأولية يدعى «أحداث». يمكن قياس مجموعة من الأحداث في الفضاء بنفس الطريقة التي نقيس بها مساحة شرفة أو حجم ثلاجة. وإذا حقق القياس في فضاء

الأحداث المجرد بعض البديهيات، فهو فضاء احتمالي. ولاستخدام نظرية الاحتمالية في أرض الواقع، يجب علينا معرفة فضاء الأحداث بدقة كافية لتمكننا حقاً من حساب قياسات الاحتمالية في ذلك الفضاء. فما هو ذلك الفضاء عندما يستخدم العالم التجريبي النموذج الإحصائي لتحليل النتائج؟ أوضح وليام سيلي غوسيت William Sealy Gosset، أن الفضاء هو مجموعة من كل النتائج الممكنة للتجربة، ولكنه لم يتمكن من إيجاد كيفية حساب الاحتمالات حولها. وإذا تمكنا من معرفة فضاء كولموغوروف المجرد، فسيكون للحالات الاحتمالية التي تنشأ من التحليلات الإحصائية عدة معانٍ مختلفة، وفي بعض الأحيان متضادة.

لو قمنا مثلاً بمحاولات طبية لفحص فعالية العلاج الجديد للإيدز، فلنفترض أن التحليلات الإحصائية أوضحت أن الفروق بين العلاج القديم والحديث ذات أهمية. هل يعني هذا أن المجتمع الطبي سيكون متأكداً من أن العلاج الجديد سينفع مريض الإيدز التالي؟ هل يعني هذا أيضاً انه سينفع نسبة معينة من مرضى الإيدز؟ هل يعني أن تظهر فائدة العلاج الجديد فقط في مجموعة مختارة من المرضى الذين أجريت عليهم الدراسة؟

تم التوجه لإيجاد المعنى الحقيقي للاحتمالية عن طريق تقديم معنىً حقيقي لاحتمالية الفضاء المجردة. لقد سلك كولموغوروف مسلكاً آخر، فدمج الأفكار من القانون الثاني للديناميكا الحرارية، مع أعمال سابقة لكارل بيرسون، مع

محاولات تجريبية لعلماء رياضيات أمريكيين للحصول على نظرية معلوماتية رياضية ، مع أعمال لبول ليڤي Paul Levy تتضمن قوانين الأرقام الكبيرة، فأصدر الكثير من الأبحاث، مُبتدئاً في سنة 1965، التي نسخت البديهيات، وحله للمسألة الرياضية وتعاملت مع الاحتمالية مثل. . .

توفي أندريه نيكولاڤيتش كولموغوروف في العشرين من تشرين الأول/ أكتوبر، سنة 1987 نابضاً بالحياة والنشاط مضيفاً المزيد من الأفكار الأساسية. في أيامه الأخيرة لم يتمكن أحد من التقاط الخيوط التي تركها خلفه.

ملحوظة حول فشل الإحصاء السوڤييتي

لم يستفد الاتحاد السوڤييتي من الثورة الإحصائية، بالرغم من إنجازات كولموغوروف وتلاميذه القيمة في النظريات الرياضية للاحتمالية والإحصاء. وهذا مثال لما قد يحدث، عندما تعرف الحكومة الإجابة «الصحيحة» عن كل الأسئلة.

كان في روسيا نشاط إحصائي معقول في نهاية أيام القيصر وبداية الثورة الروسية، وكان علماء الروس على دراية بالأعمال المنشورة في بريطانيا وأوروبة. وظهرت أبحاث علماء الرياضيات ومهندسي الزراعة الروس في مجلة البيومتريكا. أنشأت الحكومة الثورية هيئة مركزية إحصائية، وكان هناك أيضاً هيئة مماثلة في كل الجمهوريات السوڤييتية. نشرت الهيئة المركزية للإحصاء مجلة للأنشطة الإحصائية سمتها ڤستنيك

ستاتيستيكي Vestnik Statistiki، والتي احتوت على ملخصات لمقالات ظهرت في مجلات ألمانية وإنجليزية. نشرت ڤستنيك ستاتيستيكي أخيراً وفي سنة 1924 وصفاً لتطبيقات الأنماط الإحصائية للأبحاث الزراعية.

اتجهت النظرية الأرثوذوكسية الشيوعية إلى هذه الأنشطة مع تفشي إرهاب ستالين سنة 1930. ونظر باحثو النظريات للمجموعة (علماء اللاهوت لديهم تبعاً لماركس ولينين، نقلاً عن تشيستر بليس؛ راجع الفصل الثامن) للإحصاء كفرع من فروع العلم الاجتماعي. وتبعاً لدستور الشيوعية، فإن العلوم الاجتماعية خاضعة للتخطيط المركزي. والمفهوم الرياضي للمتغير العشوائي يكمن في قلب الأساليب الإحصائية. والكلمة الروسية للمتغير العشوائي تُترجم بـ «المقدار العرضي» تبعاً للمخططين المركزيين ولباحثي النظريات، وكان في هذا إهانة. لقد تم تخطيط كل الأنشطة الاجتماعية والصناعية في الاتحاد السوفييتي تبعاً لنظريات ماركس ولينين. لا يمكن حدوث شيء بالصدفة. بإمكان المقدار العرضي أن يصف أموراً ممكن حدوثها في الاقتصاد الرأسمالي ولكن ليس في روسيا، فسرعان ما خمدت تطبيقات الرياضيات الإحصائية. وبمراجعة تاريخ الإحصاء في الاتحاد السوفييتي نرى أن س.س. زاركوڤيك S.S Zarkovic، كان قد نشر في مجلة أحداث الإحصاء الرياضي The annals of mathematical Statistics سنة 1956، يصف الأمر بقليل من الدقة:

أصبحت الاعتبارات السياسية في السنوات التالية عاملاً شديد الوضوح في تطور روسيا في علم الإحصاء، وأدى هذا إلى الاختفاء التدريجي لاستعمال النظرية في مجال الأنشطة العملية للإدارة الإحصائية. بدأت مجلة ڤيستنيك ستاتيستيكي في نهاية الثلاثينيات بإغلاق صفحاتها للأبحاث التي تناقش فيها المسائل الإحصائية رياضياً، ثم اختفت نهائياً ولم تظهر مطلقاً. وكانت نتيجة هذا الاتجاه أن هجر علماء الإحصاء ممارسة الاستمرار في أعمالهم في الجامعات والمعاهد العلمية الأخرى، بينما تابعوا الإحصاء بمسميات أخرى لمواد أخرى. ويعتبر أ.ن. كولموغوروف ون.ف. سميرنوف N.V.Smirnov و ف.أ. رومانوفسكي V.I.Romanovsky، منفصلين تماماً عن الإحصاء. ومن الأمثلة المثيرة إ. سلتسكي E. Slutsky الذي كان يستمتع بالشهرة العلمية، بكونه رائداً في علم الاقتصاد. لقد تخلى عن الإحصاء، للخوض في عمل جديد في مجال علم الفلك . . . وتبعاً للرؤية الرسمية، أصبح الإحصاء أداة لتخطيط الاقتصاد الوطني. وبالتالي أصبح يمثل علماً اجتماعياً أو بمعنى آخر علماً رفيع المستوى. لقد تم مسح قانون الأرقام الكبيرة وفكرة التشعبات العشوائية، وكل شيء آخر ينتمي للنظرية الرياضية في الإحصاء، لكونها عناصر مشكّلة للنظرية المزيفة العالمية في علم الإحصاء.

لم توقف الرؤية الرسمية على علم الإحصاء. لقد تبنى ستالين عالمَ الأحياء الدجّال تروفم د. ليسنكو Trofim D. Lysenko، والذي رفض نظرية الجينات الوراثية، وادعى قدرة

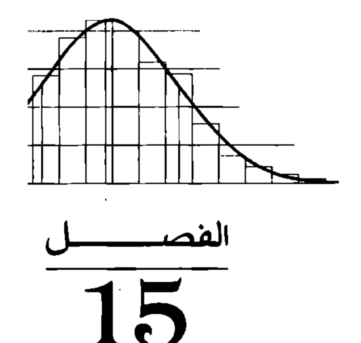
النباتات والحيوانات على تشكيل نفسها حسب البيئة من غير أن تحمل سمات وراثية. فثبطت جهود علماء الأحياء الذين اتبعوا أعمال ر.آ. فيشر في الجينات الرياضية أو تم سجنهم. وبنقض النظرية الأرثوذوكسية للإحصائيات السوفييتية، باتت الأرقام الناتجة من قبل الإدارة الإحصائية المركزية والتابعين محل شبهة. وأصبحت المزارع الغنية في أوكرانيا Ukraine وبيلوروسيا Belorussia، وتحت لواء التخطيط المركزي، عبارة عن نفايات طينية، كذلك الأعداد الهائلة من الآلات سيئة البنية وغير الصالحة للعمل، والمواد الاستهلاكية الفاشلة التي تدفقت من المصانع الروسية. لقد واجه الاتحاد السوفييتي صعوبات في تأمين الغذاء للشعب. والنشاط الاقتصادي الوحيد الذي نجح هو السوق السوداء. وظهر بذلك زيف الحكومة المركزية، والإحصائيات المتفائلة، والتي اختبأ خلفها مستوى معين من الأنشطة الاقتصادية، أثبتت التعامل مع فئات من التغيير، وفئات من الفئات من التغيير.

بينما كان علماء الرياضيات الأمريكيون أمثال نوربرت فينر Norbert Wiener يستخدمون نظريات كولموغوروف وألكساندر يا. خنتشاين Alexander Ya. Khintchine في التسلسل العشوائي لتطوير جهود الحرب الأمريكية، كان والتر شوهارت Walter Shewhart وغيره في المكتب الأمريكي للمعايير، يوضحون للصناعة الأمريكية كيفية استخدام الأساليب الإحصائية لمراقبة الجودة. كما المحاصيل الزراعية الأمريكية والأوروبية وبعض

المزارع الآسيوية تزداد بوثبات وقفزات عالية، استمرت المصانع السوفييتية في إنتاج آلات لا قيمة لها، ومزارع غير قادرة على تأمين الغذاء للمواطنين.

وبقدوم سنة 1950 فقط وبتسليم القوة لنيكيتا خروشيف Nikita Khrushchev بدأت اليد الباردة للنظرية الرسمية بكف يدها، وأجريت محاولات تجريبية لتطبيق الأساليب الإحصائية في الصناعة والزراعة. واستمرت «الإحصائيات» الرسمية بالأكاذيب والتشويش المعقد، ونتج عن كل الجهود لنشر المجلات التي تتعامل مع الإحصاء التطبيقية بعض المطبوعات غير المنتظمة. كان على التوسع في الأساليب الإحصائية الحديثة للصناعة الروسية انتظار الانهيار الكامل للاتحاد السوفييتي ونظام التخطيط المركزي التابع له في نهاية التسعينيات.

ربما هناك درس نتعلمه وراء كل هذا.



الفصل

15

منظور عين الدودة

كانت فلورنس نايتنغيل Florence Nightingale، الشخصية الأسطورة في العهد الفيكتوري الإنجليزي، مصدر رعب لأعضاء البرلمان وجنرالات الجيش البريطاني الذين كانت تواجههم. هناك ميل باعتبارها فقط أول من أنشأ مهنة التمريض، الشخصية اللطيفة المضحية بنفسها الرحيمة، ولكن فلورنس نايتنغيل الحقيقية هي امرأة الحملات التبشيرية. وقامت بتعليم نفسها علم الإحصاء.

من إحدى حملات نايتنغيل إجبار القوات البريطانية على تأمين مستشفيات في ساحة الحرب، وتزويدها بالممرضات والخدمات الطبية لجنود المعركة. ولتدعيم موقفها قامت بالبحث الشديد في كومة من بيانات ملفات الجنود. ومن ثم ظهرت أمام الحملة الملكية بسلسلة غير عادية من الرسوم البيانية.

وأوضحت فيها، أن معظم حالات الوفيات في الجيش البريطاني خلال حرب كرايمين Crimean كانت بسبب أمراض تم التقاطها من خارج ساحة المعركة، أو حدثت بعد معركة نتج عنها جروح أثناء المعركة ولم يتم مراقبتها. وقد اخترعت نايتنغيل فطيرة الرسم البياني كوسيلة لتوضيح رسالتها.



مومياء لجيريمي بينتام، محفوظة في محاريب كلية الجامعة بلندن

وعندما تتعب من مهاجمة البُله ومتبلدي الذهن، وعلى ما يبدو جنرالات الجيش الجُهّل، تنسحب وتعود إلى قريتها إڤينغتون Ivington، حيث يرحب بها أصدقاؤها عائلة ديڤيد Davids، الذين سموا ابنتهم فلورنس نايتنغيل ديڤيد لما رزقوا بها. ويتضح أن روح فلورنس نايتنغيل سريعة الغضب والرائدة،

انتقلت إلى سميتها: ف.ن. ديڤيد (الاسم الذي نشرت تحت شعاره عشرة كتب واكثر من مئة بحث في المجلات العلمية). ولدت سنة 1909 وكان عمرها خمس سنوات عندما اقتحمت الحرب العالمية الأولى مسار تعليمها. كان تعليمها الأولي عبارةً عن دروس خصوصية، تتلقاها من الكاهن المحلي حسب نمط عيش عائلتها القروية. كان لدى الكاهن أفكار غريبة عن تعليم فلورنس نايتنغيل ديڤيد. لاحظ أنها تلقت بعض علوم الحساب، لذلك سيبدأ بتعليمها الجبر. وشعر أنها اكتسبت اللغة الإنجليزية، لذلك بدأ بتعليمها اللاتينية والإغريقية. انتقلت إلى مدرسة رسمية وهي في العاشرة من عمرها.

ساء أمها أن ترغب فلورنس دخول الجامعة بلندن عندما صارت في عمر هذه المرحلة. ثم أنشأ جيريمي بينتام Jeremy Bentham كلية الجامعة (الذي يجلس جسمه المحنط بالملابس الرسمية في دير الكلية). صُمّمت الكلية من أجل «المسلمين الأتراك، المقاومين، والذين لا يعترفون بالمواد التسع والثلاثين». إلى أن سمح لمؤسسيها، فقط الذين يعترفون بمواد العقيدة التسع والثلاثين في الكنيسة المقامة في إنجلترا، بالتدريس أو تلقي العلم في جامعات إنجلترا. كانت سمعة كلية الجامعة بأنها مرتع للمنشقين حتى في زمن ديڤيد. «لقد كان ينتاب أمي نوبات في فترة ذهابي إلى لندن . . . شعور بالخزي والخطيئة وما شابه هذه الأمور». لذلك ذهبت إلى كلية بيدفورد Bedford College في لندن وكانت للسيدات فقط.

«لم أحبها كثيراً»، أضافت لاحقاً في حديث مسجل مع نان لاريد Nan Larid من معهد هارفرد للصحة العامة. وأكثر ما أحببت هو ذهابي للمسرح كل مساء. بإمكانك الذهاب إلى أولد فيك Old Vic إذا كنت طالباً فقط بستة قروش... لقد قضيت وقتاً ممتعاً. وفي المدرسة، استمريت في الحديث، «لم أفعل شيئاً سوى دراسة الرياضيات لمدة ثلاث سنوات، ولم يعجبني ذلك كثيراً. لم أحب الناس، وأعتقد أنني كنت ثائرة في تلك الأيام. ولكنني لا أتذكر هذه الأيام باعتزاز».

ماذا كان بإمكانها أن تفعل بكل هذه الرياضيات عندما تخرجت؟ كانت تود أن تصبح خبيرة بالتأمين، ولكن لا توظف شركات التأمين إلا رجالا. اقترح بعضهم أن تقابل شخصاً اسمه كارل بيرسون في كلية الجامعة والذي، وعلى حسب الروايات التي سمعتها، لديه ما يفيد خبراء التأمين أو ما يشابه ذلك. أخذت طريقها إلى كلية الجامعة، «واقتحمتُ الطريق لأرى كارل بيرسون». أولع بها ومنحها منحة تعليمية لتكملة دراستها في مركزه لأبحاث الطلاب.

عملها مع ك.ب.

كانت طبيعة عمل ف.ن.ديفيد مع كارل بيرسون معدة لحساب حلول التكاملات المتعددة الصعبة والمعقدة، وحساب توزيع معامل الربط. وأصدرت كتابها الأول عن هذا العمل، جداول معامل الربط Table of the Correlation Coefficient،

والذي نشر أخيراً سنة 1938. لقد أجرت معظم هذه الحسابات وحسابات أخرى، بآلة حسابية يدوية عرفت بـ البرونسڤيغا Brunsviga. «أظن أنني أدرت يد تلك البرونسڤيغا ملايين المرات... قبل أن أتعلم معالجة إبر الربط الطويلة (لإيقاف عطل الماكينة)... كنت دائماً اعطل تلك الماكينة اللعينة. وكان من المفترض إخبار البروفيسور في كل مرة تتعطل الماكينة وبعدها يصدر رأيه بي؛ كان أمراً مزعجاً. وكثيرة هي المرات التي تعطلت فيها الماكينة، وذهبت فيها إلى المنزل من غير إخبار البروفيسور». بالرغم من إعجابها به وقضائها وقتاً طويلاً معه في السنوات الأخيرة، فقد كانت ديڤيد تخاف كارل بيرسون في بداية سنة 1930.

لقد كانت متهورة تذهب في سباقات عبر المدينة، راكبة دراجتها النارية.

لقد تعرضت مرة لحادث فارتطمت بحائط طوله 16 قدماً عليه زجاج، ارتطمت به وجرحت ركبتي. جاءني يوماً (وليام س.) غوسيت بينما كنت في مكتبي حزينة فقال، «حسناً عليك ممارسة رياضة صيد الحشرات»، لأنه كان متحمساً لهذه الرياضة. دعاني إلى منزله، حيث كان وزوجته السيدة غوسيت وعدة أطفال في البيت بهندن Henden. أرشدني لكيفية رمي الحشرة، وكان لطيفاً جداً.

كانت ديڤيد في كلية الجامعة بلندن، عندما بدأ نيمان

والشاب إيغون بيرسون بالنظر إلى دالة الأرجحية، مثيرين بذلك غضب كارل بيرسون العجوز، الذي كان يعتقد أنها مجرد هراء. كان إيغون خائفاً من إثارة أبيه أكثر من اللازم، لذلك عوضاً عن تسليم عمله الأول لمجلة أبيه، البيومتريكا، بدأ مع نيمان في مجلة جديدة، مذكرات الأبحاث الإحصائية Statistical Research Memoirs، والتي استمرت سنتين (نشرت فيها ف.ن. ديڤيد عدة أبحاث). استلم إيغون رئاسة تحرير البيومتريكا بعد تقاعد كارل وأوقف المذكرات. كانت ف.ن. ديڤيد موجودة عند اغتصاب عرش الرجل العجوز (هكذا كان يدعى) من قبل ابنه و ر.آ.فيشر. وكانت موجودة أيضاً عندما بدأ جيرزي نيمان الشاب أبحاثه في الإحصاء. تقول ديڤيد: «أعتقد أن الفترة ما بين العشرينات والأربعينات كانت خيّرة حقاً بمادة الإحصاء»، «وكنت أنظر إلى الزعماء نظرة ازدراء».

أطلقت ديڤيد لقب المحاضر الرائع على كارل بيرسون. «كان يجيد المحاضرة، يكفيك أن تجلس وتدع المحاضرة تدخل إلى أعماقك». وكان يتحمل مقاطعات الطلبة، حتى لو تفوه أحدهم خطأً، وسرعان ما يصلح له الخطأ. ومن جانب آخر نجد أن محاضرات فيشر، «كانت سيئة، يصعب على المرء فهمها. وإذا رغبت في أن أسأله سؤالاً، فلن أحصل على الإجابة منه، لأنني امرأة». لذلك كانت تجلس بجوار طالب أمريكي وتوكزه في ذراعه، وتطلب منه أن يسأله! إسأله!» وبعد

انتهاء محاضرة فيشر، أذهب بعدها لقضاء ثلاث ساعات في المكتبة محاولة فهم ما كان يحاول شرحه».



جيرزي نيمان مع اثنتين من «نسائه»
إيفلين فيكس (يساراً) و ف.ن. ديفيد (يميناً)

لازمت ف.ن. ديفيد كارل بيرسون عند تقاعده سنة 1933 كمساعدة وحيدة له في أبحاثه. وكتبت في ذلك:

> كان كارل بيرسون رجلاً فريداً، كان في السبعينات من عمره عندما كنا نعمل على مادة معينة طوال اليوم، ومن ثم يغادر الكلية في السادسة. كان عائداً من إحدى المناسبات إلى منزله، وكنت أيضاً متجهة إلى منزلي فقال لي، «بإمكانك الاطلاع على التكامل الناقص هذا المساء. قد نحتاج إليه غداً». ولم تكن لدي القوة لإخباره أنني خارجة بصحبة صديق لي إلى حفلة الفنون الراقصة في تشلسي Chelsea. ذهبت إلى حفلة الفنون

> الراقصة وعدت إلى منزلي بين الرابعة والخامسة صباحاً، ومن ثم أخذت حماماً، وذهبت إلى الجامعة، وكان كل ما طلبه مني جاهزاً عندما جاء في التاسعة صباحاً. قد يكون المرء ساذجاً في مرحلة الشباب.

عادت ف.ن. ديڤيد إلى المختبر البيومتريكي قبل موت كارل بيرسون بشهور، وعملت مع جيرزي نيمان. لقد كان نيمان مندهشاً أنها لم تنل الدكتوراه بعد. حثها على ذلك، فقدمت أبحاثها الأربعة الأخيرة كأطروحة الدكتوراه. وسُئلت بعدها عن تغيير مكانتها كنتيجة لتلقيها درجة الدكتوراه. أجابت بلا. «لم أتمكن من دفع العشرين جنيهاً رسوماً للدخول».

تقول وهي تتذكر تلك الأيام، « أميل إلى التفكير أنني قدمت لأُبقي السيد نيمان صامتاً. لقد كان وقتاً صاخباً لأن فيشر كان في الطابق العلوي يثير اضطراباً، ومن جهة كان نيمان وك.ب. من الأخرى، وغوسيت كان يأتي كل أسبوع». كانت ذكرياتها عن تلك الأيام بسيطة جداً. لكنها كانت أكثر من شخص لا قيمة له «جيء بها لتُبقي السيد نيمان صامتاً». كانت أبحاثها المنشورة (متضمنة أيضاً بحثاً هاماً اشتركت في كتابته مع نيمان عن تعميم نظرية تطوير البذور ل أ.أ. ماركوف A.A.Markov، وهو عالم روسي في بداية القرن العشرين) وطورت أيضاً النظرية الإحصائية في عدة مجالات. أستطيع أن أجد كتباً في رفوف مكتبتي تشمل كل الفروع المتعلقة بالمادة الإحصائية مع وجود مراجع أبحاث ف.ن. ديڤيد في معظمها.

أعمال الحرب

كانت ديفيد تعمل في وزارة أمن المنازل، عندما نشبت الحرب سنة 1939، تحاول التخفيف من آثار القنابل التي قد تصيب مواقع سكنية مثل مدينة لندن. كانت تقدر عدد الضحايا، و كذلك آثار القنابل على الكهرباء والمياه ونظام المجاري، ومشاكل أخرى ممكنة تم تحديدها من النماذج الإحصائية التي بنتها. وبذلك استعد البريطانيون للهجوم الخاطف الألماني على مدينة لندن سنة 1940 و1941 واستطاعوا تأمين الخدمات الرئيسية لحماية الأرواح البشرية.

كتبت على نهاية الحرب:

تم نقلي جواً بإحدى القاذفات الأمريكية إلى قاعدة أندروز Andrews العسكرية. تمكنت من رؤية الحاسبات الرقمية التي بنوها... كان مثل كوخ نيسن (أطلق عليه في الولايات المتحدة بكوخ كونست)، طوله قرابة مئة قدم وفي وسطه مجموعة من الألواح الممددة على قطع خشبية يمكن الجري عليها. وفي كل اتجاه، وكل عدة أقدام تجد وحشين يغمزانك، ولم يكن بالسقف إلا (كذا) الصمامات الكهربائية. وكل قرابة ثلاثين ثانية يأتي المجند راكضاً على الألواح ووجهه باتجاه السماء ويجذب الصمام... وعند عودتي، بينما كنت أخبر بعضهم عما حدث... فيقولون، «من الأفضل لك المكوث هنا وتعلم اللغة». فقلت لهم، «هذا من سابع المستحيلات. إذا

مكثت سيكون هذا نهاية المطاف بالنسبة لي، ولكن لا، لن أفعل ذلك، بإمكان شخص آخر أن يفعل ذلك!».

لم يكن إيغون بيرسون بالشخصية المسيطرة مثل والده، وقد بدأ سياسة جديدة وهي التناوب في رئاسة القسم البيومتريكي بين أعضاء الكلية. ولما جاء دور ف.ن. ديفيد في الرئاسة، كانت قد بدأت العمل في كتابها فرصة التوافق Combinatorial Chance وهو من الكتب الكلاسيكية، وهو عرض واضح وملموس للأساليب المعقدة في العد عُرفت بـ«التوافق». أجابت عندما سُئلت عن هذا الكتاب، وعن التقديم المفرط للأفكار المعقدة مع وجود طريقة ضمنية فريدة تجعلها أكثر سهولة وفهماً:

لدي عادة شريرة لازمتني كل حياتي بأن أملَّ الشيء بعد أن أباشره. كانت لدي فكرة التوافق وعملت عليها لفترة طويلة، إلى أن تعرفت على بارتون (د.إي. بارتون D.E. Barton، المؤلف المشارك لكتابها، والذي اصبح لاحقاً أستاذاً في علوم الكومبيوتر في كلية الجامعة) وعلمته... ولكنني استخدمته لضرورة إنهاء العمل. عملنا معاً وقام هو بكل الأعمال المبتكرة، مثل إنشاء وإكمال الحدود وما شابه ذلك. لقد كان شاباً نشيطاً. وقمنا بكتابة الكثير من الأبحاث سوياً.

أخيراً أتت إلى الولايات المتحدة، كأستاذة في جامعة كاليفورنيا ببيركلي University of California, Berkeley،

وتفوقت على نيمان في رئاسة القسم. غادرت بيركلي لتنشئ وترأس قسم الإحصاء في جامعة كاليفورنيا، ريڤيرسايد Riverside سنة 1970. «تقاعدت» سنة 1977 عن عمر يناهز السادسة والثمانين، وأصبحت أستاذة فخرية نشطة أو مساعدة في قسم أبحاث الإحصاء الحيوي في بيركلي. أجريت المقابلة التي اعتمدنا عليها في هذا الفصل سنة 1988. وكانت وفاتها سنة 1995.

نشرت ف.ن. ديڤيد سنة 1962، كتاباً بعنوان الألعاب والآلهة والقمار Games, Gods, and Gambling. وهذا وصف عن كيفية نشأته:

> تلقيت دروساً في اللغة الإغريقية عندما كنت صغيرة و... أصبحت مهتمة بعلم الآثار عندما تعرفت على زميل في هذا القسم، وكان منشغلاً بالحفر في إحدى الصحاري، على ما أعتقد. باختصار جاءني وقال لي، لقد جبت في الصحراء وحددت موقع القطع الأثرية. أخبريني أين بإمكاني الحفر للحصول على آثار ركام المطبخ». لا يهتم علماء الآثار بالذهب والفضة، كل ما يجلب اهتمامهم هو الأواني والأوعية. ومن ثم أخذت خريطته ونظرت إليها بإمعان، ورأيت أن هذا الأمر مثل مشكلة متفجرات الـ V-bombers. فهنا لديك مدينة لندن ولديك أيضاً متفجرات ستسقط عليك، وتريد أن تعرف مصدرها، لذلك يمكنك افتراض السطح ثنائي المتغير وتنبؤ الأهداف الرئيسية. هذا ما فعلت بخريطة

القطع الأثرية . إنها غريبة هناك، نوع من الوحدة بين المسائل، ألا تعتقد ذلك؟ هناك فقط نحو ستة منها تختلف حقاً.

قامت فلورنس نايتنغيل ديڤيد بتقديمها كلها للنشر .

الفصل

16

الاستغناء عن المتغيرات

تعرض فرانك ويلكوكسن Frank Wilcoxon، الكيميائي في مقر السيناميد Cyanamid، لمعضلة إحصائية في الأربعينات. كان يجري بعض اختبارات الفرضيات بمقارنة آثار العلاجات المختلفة، مستخدماً اختبارات «الطالب»[1] ت وتحليلات فيشر في التباين. كانت هذه الطريقة التقليدية المتبعة آنذاك في تحليل بيانات التجارب، إذ داهمت الثورة الإحصائية المخابر العلمية، وألقت كتب تفسير جداول هذه الفرضيات على رفوف مكتبات معظم العلماء. اهتم ويلكوكسن بما بدا فاشلاً من هذه الأساليب.

كان باستطاعته إجراء سلسلة من التجارب التي يظهر له فيها اختلاف أثر المعالجات. تؤكد

(1) فلنتذكر أن «طالب» كان يحمل الاسم المستعار لوليام س. غوسيت، الذي طور العينة الصغيرة في الاختبارات الإحصائية.

اختبارات ـ ت الدلالة في بعضها وتنفيها في بعضها الآخر. وغالباً ما يحدث، أثناء إجراء التجارب في الهندسة الكيميائية، أن المفاعل الكيميائي أثناء أداء التجربة، لم يتم تسخينه بشكل كافٍ في بداية مراحل المحاولة التجريبية. وقد يحدث اختلاف لإنزيم معين في قدرته على التفاعل. والنتيجة هي قيمة قد تبدو غير صحيحة في التجربة. وغالباً ما تكون رقماً كبيراً أو صغيراً جداً. يمكن في بعض الأحيان معرفة سبب هذه النتيجة البعيدة عن الواقع، وقد تكون النتيجة أحياناً أخرى، ظهور قيمة منفصلة، تختلف بشكل متطرف عن النتائج الأخرى، ولا يظهر سبب واضح لذلك.

لقد نظر ويلكوكسن إلى التركيبات المعدة لحساب اختبارات-ت وتحليلات التباين، ولاحظ التأثير الكبير لهذه القيم المنفصلة، والقيم غير العادية والمُبالغ فيها، على النتائج، مسببة في تصغير قيمة اختبارات الطالب-ت أكثر مما هي عليه. (وبشكل عام، تؤدي القيم الكبيرة لاختبار-ت إلى قيم احتمالية صغيرة.) قد يكون من المفيد إهمال القيمة المنفصلة من مجموعة المشاهدات، وحساب قيمة اختبار-ت من القيم الأخرى. وهذا يقود المسائل إلى الاشتقاق الرياضي لاختبارات الفرضية. كيف يمكن للكيميائي معرفة ما إذا كانت القيمة منفصلة؟ وكم من القيم المنفصلة علينا أن نهمل؟ وهل يستطيع الكيميائي الاستمرار في استخدام جداول الاحتمالية لاختبار الإحصاء القياسي إذا أهملنا القيم المنفصلة؟

مضى فرانك ويلكوكسن في بحثه في كل ما كتب. من المؤكد أن أساتذة الرياضيات الذين قدموا الأساليب الإحصائية قد تعرضوا لهذه المشكلة من قبل! ولكنه لم يجد مرجعاً يذكر ذلك. اعتقد ويلكوكسن أنه قد وجد مخرجاً لهذه المشكلة. تضمنت حسابات سخيفة مبنية على تركيبات وتعديلات للأرقام المراقبة (لقد تم ذكر القيم التوافقية ل ف.ن. ديفيد في الفصل السابق). بدأ العمل لاستنتاج أسلوب يحسب القيم التوافقية.

كان في ذلك حماقة! كيف لعالم كيمياء مثل ويلكوكسن التحقق مع أرقام بسيطة ومضجرة؟ لابد من وجود إحصائي قد فعل ذلك قبله! فبحث في كتب الإحصاء السابقة. لم يجد شيئاً مثل ذلك . قدم بحثاً لمجلة البيومتريكس من أجل التأكد من أسلوبه الرياضي في الدرجة الأولى (من غير الاشتباه بمجلة البيومتريكا لبيرسون). مازال فرانك يعتقد أن هذا ليس بالعمل المبتكر واعتمد في بحثه على الحكام لمعرفة أين تم نشر هذا الموضوع من قبل ليرفض عمله. وبرفضهم ما كتبه، فإنهم سيعلمونه عن المراجع الأخرى. ومن ناحية أخرى، فقد قرر الحكام ورؤساء التحرير، أن العمل مبتكر. ولم يفكر أحد من قبل بهذا الأمر، وتم نشر بحثه سنة 1945.

ما لم يعرفه ويلكوكسن ولا رؤساء تحرير البيومتريكس، أن عالم الاقتصاد واسمه هنري ب. مان Henry B. Mann، وطالب جامعي في كلية الإحصاء، في جامعة ولاية أوهايو، واسمه د. رانسوم ويتني D. Ransom Whitney، كانا يعملان

على مسألة مشابهة. كانا يحاولان تنظيم التوزيعات الإحصائية لدرجة معقولة، قد يقول أحدهم فيها إن توزيعات الرواتب في سنة 1940 أقل منها في سنة 1944. توصلا إلى أسلوب في التنظيم يشمل سلسلة من أساليب الحساب السهلة والمتعبة.

قاد هذا مان وويتني إلى إحصاء اختباري يتم فيه حساب التوزيعات من الحسابات التوافقية، مثل نوع الحساب الذي استخدمه ويلكوكسن. وقاما بنشر بحث يصفون فيه تكنولوجيتهم الجديدة سنة 1947، بعد ظهور بحث ويلكوكسن بسنتين. اتضحت لاحقاً الصلة القوية بين اختبار ويلكوكسن واختبار مان-ويتني بإعطاء القيم الاحتمالية نفسها. و كلا الاختبارين تضمن شيئاً جديداً. وحتى ظهور بحث ويلكوكسن، كان يعتقد أنه يجب على الإحصاءات الاختبارية أن تعتمد على تقديرات للمتغيرات والتوزيعات. لقد كان هذا اختباراً، بالرغم من عدم تقديره للمتغير. لقد قارن بين البيانات المبعثرة تحت المراقبة، وبين ما يمكن توقعه من البعثرة النقية والعشوائية. إنه اختبار لا علاقة له بالمتغيرات[2].

وبهذه الطريقة، تخطت الثورة الإحصائية أفكار بيرسون

(2) في الحقيقة ولمزيد من الإنصاف لقانون ستيغلر في الأسماء المستعارة، لم يكن ويلكوكسن أول من اقترح أساليب من دون المتغيرات. اتضح أن بعض أعمال كارل بيرسون سنة 1914 اقترحت بعض هذه الأفكار. ومن ناحية أخرى فإن اتجاه من دون المتغيرات، لم يكن مفهوماً ليشكل ثورة عنيفة إلى أن ظهر عمل ويلكوكسن في هذا المجال.

الأساسية. أصبحت تتعامل الآن مع توزيعات القياسات من غير اللجوء إلى المتغيرات. ومن غير معرفة الكثير في الغرب، قام أندريه كولموغوروف في الإتحاد السوفييتي، وطالب ن. ف. سميرنوف N.V.Smirnov بالبحث في عدة اتجاهات للمقارنة بين التوزيعات التي لم تستخدم المتغيرات. لقد فتحت أعمال ويلكوكسن ومان ويتني، نافذة جديدة في البحث الرياضي عن طريق توجيه الاهتمام للطبيعة الضمنية للسلاسل المنظمة، وسرعان ما انضمت إليه أعمال سميرنوف ـ كولموغوروف.

تطورات إضافية

بافتتاح نافذة جديدة على الأبحاث الرياضية، بدأ الباحثون بالنظر إليها بطرق مختلفة. لقد تبع عمل ويلكوكسن الأصلي اتجاهات بديلة. اكتشف هيرمان تشيرنوف وأ. ريتشارد سافاج Herman Chernoff and I. Richard Savage إمكانية النظر في اختبار ويلكوكسن من خلال القيم المتوقع نسبتها للإحصاء المنظم؛ وبإمكانها توسعة الاختبار الذي لا يعتمد على المتغيرات إلى مجموعة من الاختبارات، تشمل توزيعات ضمنية مختلفة، لا يحتاج أي منها إلى حساب للمتغير. وأصبح مع بداية سنة 1960 هذا النوع من الاختبارات (والتي يعبر عنها الآن «بالاختبارات الخالية من التوزيعات»)، الموضوع الساخن في مادة البحث. ملأ طلاب الدكتوراه الجوانب الصغيرة في النظرية لدعم رسائلهم، وتم تسخير الاجتماعات خصيصاً لهذه النظرية الجديدة. استمر ويلكوكسن بالعمل في هذا المجال متوسعاً في

مجال الاختبارات أثناء تطويره الحسابات العشرية بالغة الذكاء، لاستعمالها في الحسابات التوافقية.

وفي سنة 1971، أصدر التشيكي ياروسلاف هايك Jaroslav Hajek كتاباً تعريفياً يعطي نظرة موحدة لهذا المجال بأكمله. اكتشف هايك، الذي توفي سنة 1974 عن عمر يناهز الثامنة والأربعين، تعميماً ضمنياً لكل الاختبارات التي لا تستخدم المتغيرات، وربط هذا الاتجاه العام لحالات ليندبيرغ ليڤي لنظرية النهاية المركزية. عادة هذه هي الطريقة المتبعة في الأبحاث الرياضية. وبمعنى آخر فإن الرياضيات كلها مرتبطة ببعضها، ولكن تستغرق الطبيعة المحددة لهذه الروابط، وأبعاد استثمارها عدة سنوات كي تظهر للعيان.

وبتعقبه للمعاني المتضمنة حول اكتشافه الإحصائي، ترك ويلكوكسن مجال عمله الأصلي في علم الكيمياء، ليرعى مجموعة الخدمات الإحصائية في السيناميد الأمريكي، وقسم المختبرات ليديرل Lederle. التحق سنة 1960 بكلية قسم الإحصاء في جامعة ولاية فلوريدا Florida State University، والذي أثبت فيها جدارته العالية، كأستاذ قدير وباحث ومرشح للدكتوراه عالمياً لمرات متعددة. ترك وراءه بعد وفاته سنة 1965 تلاميذه وابتكاراته الإحصائية التي استمر أثرها بشكل واضح في هذا المجال.

مسائل غير محلولة

أدى التطور في طريقة الحساب بدون المتغيرات إلى صيحة

من النشاطات في هذا المجال الجديد. ومع ذلك، لم يكن هناك رابطة قوية بين أساليب استخدام المتغيرات التي كانت تستخدم سابقاً وبين الأساليب بدون المتغيرات. يظهر تساؤلان لا حل لهما:

1. إذا كان للبيانات المعطاة توزيع متغير معروف، مثل التوزيع الطبيعي، فما مدى سوء وقوع التحليلات في الخطأ إذا استخدمنا أساليب من غير متغيرات؟

2. إذا لم تتفق البيانات تماماً مع نموذج المتغيرات، فإلى أي مدى يجب أن تكون البيانات بعيدة عن النموذج قبل أن تكون الأساليب من دون المتغيرات أفضل للاستخدام؟

تلقى سنة 1948 رؤساء تحرير مجلة السجلات الرياضية الإحصائية Annals of Mathematical Statistics بحثاً من بروفيسور رياضيات غير معروف في جامعة تاسمانيا University of Tasmania، في جزيرة على الشاطئ الجنوبي من أستراليا. قام هذا البحث الرائع بحل كلتا المسألتين. نشر إدوين جيمس جورج بيتمان Edwin James George Pitman ثلاثة أبحاث سابقة في مجلة المجتمع الإحصائي الملكي Journal of the Royal Statistical Society وأخرى في أحداث مجتمع كامبردج الفلسفي Proceedings of the Cambridge Philosophical Society والتي، باستعادة الأحداث الماضية، وضعت أسس أعماله التالية ولكنها أُهملت أو نُسيت. باستثناء هذه الأبحاث الأربعة، وبيتمان الذي كان عمره اثنتين وخمسين سنة عندما قدم مقالته التي لم تُنشر ولم تُعرف، للمجلة السنوية.

ولد إ. ج. بيتمان E.J.G. Pitman سنة 1897 في ملبورن Melbourne باستراليا Australia. كان طالب بكالوريوس في جامعة ملبورن University of Melbourne، فجاءت الحرب العالمية الأولى وأعاقت تعليمه، فالتحق بالجيش لمدة سنتين. ثم عاد لإتمام تعليمه. «في تلك الأيام»، كما كتب لاحقاً، «لم يكن هناك كليات رياضيات يتخرج فيها الطلبة من جامعات أستراليا». بعض الجامعات كانت تعطي أموال البعثات للطلبة المتفوقين للتخرج من جامعات إنجلترا، ولكن لم تفعل جامعة ملبورن ذلك. وحيث إنني لم أتلق أي تدريب في مجال الأبحاث، غادرت جامعة ملبورن بعد أربع سنوات من الدراسة هناك؛ ولكني كنت اعتقد أنني تعلمت كيف أدرس واستخدم الرياضيات، وكنت مستعداً لمواجهة أي مشكلة تعترضني... وكانت أول مشكلة كيف أعيل نفسي.

كانت جامعة تاسمانيا تبحث عن أستاذ رياضيات. قُدم بيتمان إليها وأُطلق عليه بروفيسور الرياضيات. كان القسم بأكمله يتألف من البروفيسور الجديد ومحاضر يعمل وقتاً إضافياً. والمطلوب من هذا القسم إعطاء دورات في رياضيات ما قبل التخرج لطلاب الأقسام الأخرى، وكان البروفيسور الجديد مشغولاً بمجموعة من الدورات أخذت معظم وقته. وعندما قررت لجنة الأمناء استئجار بروفيسور رياضيات يعمل وقتاً كاملاً، سمع أحد أعضاء اللجنة بنوع جديد من الرياضيات اسمه الإحصاء؛ لذلك فإن المتقدم الجديد سوف يتم سؤاله عن

استعداده لتدريس مادة الإحصاء (مهما كانت).

أجاب بيتمان، «لم أستطع الادعاء أن لدي معرفة خاصة بالنظرية الإحصائية؛ ولكنني سأكون مستعداً إذا تم تعييني لإعطاء محاضرة في هذه المادة سنة 1927». لم يكن لديه معرفة خاصة، أو أي نوع من المعرفة عن النظرية الإحصائية. لقد تلقى في ملبورن دورة في علم المنطق المتقدم، وخصص البروفيسور محاضرتين في مادة الإحصاء. وكما عبر عنها بيتمان، «لقد قررت في وقتها أن مادة الإحصاء لا تجذبني بحال من الأحوال، ولم اكن لأهتم لها أبداً».

وصل الشاب إ. ج. بيتمان في خريف 1926 إلى هوبارت Hobart بتسمانيا، ولم يكمل تعليمه الجامعي ليقوم بمقام البروفيسور، في كلية إقليمية بعيدة كل البعد عن التقدم الفكري الموجود في لندن وكامبريدج. «لم أتمكن من نشر أي شيء»، كتب قائلاً، » حتى سنة 1936. كان هناك سببان لتأخري في النشر؛ ثقل العمل الذي على عاتقي، والطريقة التي نشأت فيها»، وما يعنيه قلة تدربه في أساليب البحث الرياضي .

توسع قسم الرياضيات في جامعة تسمانيا، عندما أرسل بحثه الرائع إلى مجلة السجلات الإحصائية الرياضية سنة 1948. ولم يكن لديهم سوى بروفيسور واحد (بيتمان)، وبروفيسور آخر مشارك، ومحاضرين ومعلمين. كانوا يدرسون مجالات واسعة في الرياضيات التطبيقية والنظرية. كان بيتمان يعطي اثنتي عشرة محاضرة أسبوعياً وبعض الدروس في يوم السبت. أصبح لديه

الآن بعض الدعم لبحثه. كما ابتدأت حكومة الكومنويلث منذ سنة 1936 بإعطاء نحو ثلاثين ألف جنيه كل عام من أجل البحث العلمي في جامعات أستراليا. ويتم توزيع ذلك حسب الولايات ونسب السكان فيها؛ ولأن تسمانيا كانت من الولايات الصغيرة، فقد بلغت القيمة نحو ألفين وأربعمائة جنيه سنوياً لكل أقسام الجامعة. ولم يصرح بيتمان كم كان نصيبه منها.

انشغل بيتمان تدريجياً بأنواع مختلفة من البحث. لقد عالج بحثه الأول الذي نشر مسألة القوة المائية (الهيدروداينميكية)، وتناولت أبحاثه الثلاثة الأخرى جوانب معينة في نظرية اختبار الفرضيات. لم تكن هذه الأبحاث رائعة بحد ذاتها، ولكنها كانت تشمل رسائل بيتمان التعليمية. كان يبحث عن كيفية تطوير الأفكار وربط البنية الرياضية مع بعضها بعضاً.

طور بيتمان أسلوباً واضحاً في الاستنتاج حول طبيعة اختبارات الفرضية الإحصائية، والعلاقات المتبادلة بين الاختبار القديم (باستخدام المتغيرات)، والاختبار الجديد (من دون متغيرات)، وذلك بينما كان يعمل فيه ببحثه سنة 1948. فقام بمواجهة المسألتين الواضحتين بأساليبه الجديدة.

اندهش الجميع مما توصل إليه، إذ كانت جودة الاختبارات من دون المتغيرات، بمثل جودة اختبارات المتغيرات، حتى عند صحة الافتراضات الأصلية. تمكن بيتمان من الإجابة عن السؤال الأول: مامدى سوء الأمر عند استخدامنا اختبارات من دون المتغيرات، في حالة معرفتنا لنموذج

المتغيرات وعند ضرورة استخدامنا اختبار المتغيرات المحدد؟ ليس بهذا السوء، أجاب بيتمان.

أما إجابته عن السؤال الثاني فكانت أكثر دهشة. كم يتوجب علينا أن نبتعد عن نموذج المتغيرات من أجل صحة اختبارات من دون المتغيرات في حال لم تتلاءم البيانات مع نموذج المتغيرات؟ أوضحت حسابات بيتمان أنه بقليل من الانحراف عن نموذج المتغيرات تصبح نتائج اختبارات من دون المتغيرات أفضل بكثير من اختبارات المتغيرات.

يبدو الأمر وكأن فرانك ويلكوكسن، عالم الكيمياء الذي كان متأكداً من أن أحداً لم يسبقه في هذا الاكتشاف البسيط، قد تعثر من على صخرة فيلسوف حقيقية. أشارت نتائج بيتمان أنه يجب على كل اختبارات الفرضية أن تكون من دون متغيرات. كان اكتشاف بيرسون للتوزيع الإحصائي المبني على المتغيرات بمثابة الخطوة الأولى. واستطاع علماء الإحصاء الآن من التعامل مع التوزيع الإحصائي من غير أن يقلقوا بشأن متغيرات محددة.

هناك أمور دقيقة تتضمنها أمور أدق في علم الرياضيات. وفي أعماقها تظهر أمور بسيطة. توصل ويلكوكسن ، ومان وويتني، وبيتمان إلى فرضيات حول توزيع البيانات. قد يتطلب فهم هذه الفرضيات خمساً وعشرين سنة أخرى. اكتشف ر.ر. بهادور R.R.Bahadur و ل.ج.(«جيمي») سافاج L.J. («Jimmie») Savage في جامعة شيكاغو سنة 1956 أول مسألة في التوزيع. أشار إلي صديق هندي كنت قد عرضت بحث بهادور وسافاج

عليه قبل عدة سنوات، إلى تطابق أسمائهم، فبهادور تعني «محارب» في اللغة الهندية، فتطلب الأمر محارباً وهمجياً لإثارة أول انفجار لنظرية الاختبارات الإحصائية من دون المتغيرات.

أتت المسائل التي أوضحها سافاج وبهادور من صميم المسألة التي أشارت إلى ويلكوكسن باستخدام اختبارات من دون المتغيرات: مسألة القيم المنفصلة. وإذا كانت القيم المنفصلة نادرة و«خاطئة» في المراقبة، فإن أساليب من دون المتغيرات تقلل من تأثيرها في التحليلات. وأما إذا كانت القيم المنفصلة جزءاً من النظام المتشابك للبيانات، فإن الانتقال إلى أساليب من دون المتغيرات يزيد الأمر سوءاً. سوف نبحث في مسألة التوزيعات المتشابكة في الفصل الثالث والعشرين.

الفصل

17

عندما يكون الجزء أفضل من الكل

يمكن اختبار التوزيع الاحتمالي بالنسبة لكارل بيرسون عن طريق تجميع البيانات. اعتقد بيرسون أن بإمكانه تمثيل بقية البيانات إذا تم جمع بيانات كافية. يمكن لمراسلي مجلة البيومتريكا جمع مئات الجماجم من القبور، وحقنها بمادة لقياس سعة الجمجمة، ثم إرسال مئات الأرقام إلى بيرسون. قد يسافر المراسل إلى غابات أمريكا الوسطى لقياس أطوال عظام أذرع مئات السكان الأصليين، فيرسل هذه القياسات إلى مختبر بيرسون البيومتري.

كان هناك تصدع أساسي في أساليب بيرسون، فقد كان يتبع في جمعه ما نسميه الآن «بالعينة الاختيارية». فكانت معظم البيانات من النوع السهل توفره. لم يكن من الضروري أن تمثل حقيقة التوزيع بأكمله، فالقبور التي تم فتحها من أجل إيجاد

سعة الجماجم في الهياكل العظمية، كانت هي التي توفرت لديهم. وقد تختلف القبور التي لم تتوفر لهم بطريقة لا نعرفها.

حصل مثال لفشل طريقة العينة الاختيارية في الهند في بداية الثلاثينات. جُمعت بالات من ألياف الجوت على رصيف ميناء بومباي لشحنها إلى أوروبة. أُخذت عينة من كل بالة لتحديد جودة الجوت، وذلك بغرس سكين دائرية مجوفة في البالة، فسحب كمية صغيرة في قلب السكين. وبتعبئة البالات وشحنها يتلف شكلها الخارجي بينما ينحسر داخلها على نفسه، وغالباً ما تحوي أجزاء مجمدة من الشتاء. عندما يغرس آخذ العينات السكين المجوفة في البالة، تنحرف عن الجزء الكثيف من البالة، وبالتالي غالباً ما تكون العينة المأخوذة من القسم الخارجي التالف. وهكذا فإن العينة الاختيارية تكون منحازة نحو الحصول على جوت متدني المستوى لا تمثل الجودة الحقيقية والحسنة لكامل البالة.

يستخدم البروفيسور براسانتا تشاندرا مهالانوبس Prasanta Chandra Mahalanobis، رئيس قسم الفيزياء في كلية بريزيدنسي Presidency College، بكالكوتا Calcutta، هذا المثال، (اكتشفه عندما كان يعمل في محطة القطار التي كانت تشحن الجوت إلى مرسى البضائع)، ليوضح أنه لا يمكن الوثوق بالعينة الاختيارية. ينتمي مهالانوبس إلى عائلة غنية من تجار كالكوتا وكان باستطاعته الحصول على الدرجة الجامعية، وما بعدها أثناء متابعته لاهتماماته في العلوم والرياضيات.

وخلال سنة 1920 سافر إلى إنجلترا ودرس على يدي بيرسون وفيشر. كان طلبة مثل ف.ن. ديڤيد يعيشون على مساعدة المنحة الدراسية، ولكن مهالانوبس كان يعيش عيشة السيد الإقطاعي أثناء متابعته دراسته. عاد بعدها إلى قسم الفيزياء الرئيسي في جامعة بريزيدنسي، ثم استخدم موارده المالية سنة 1931 لإنشاء معهد الإحصاء الهندي على أرض أحد ممتلكات عائلته.

وقام بتدريب الإحصائيين والرياضيين العباقرة الهنود في معهد الإحصاء الهندي. كان لكثير منهم إنجازات ضخمة في هذا المجال- مثل س.ن. روي S.N. Roy، سي.ر. راو C. R. Rao، ر. سي. بوس R. c. Bose، ب.ك. سين P. K. Sen، ومادان بوري Madan Puri. ويظهر أحد اهتمامات مهالانوبس في السؤال عن كيفية إنتاج العينة الملائمة التي تمثل كل البيانات. لقد كان من الواضح في عدة حالات، أنه من المستحيل الحصول على جميع القياسات في مجموعة. فعدد سكان الهند مثلا ضخم جداً ولم تجر أية محاولة لإيجاد الإحصاء الرسمي للسكان في يوم محدد كما حصل في الولايات المتحدة. كما أن الإحصاء الرسمي في الهند استغرق نحو سنة، لأنه تم حساب سكان المقاطعات المختلفة في شهور مختلفة، لذلك فإنه لن يكون دقيقاً. هناك حالات موت وولادة وهجرة، وتغيرات في الأوضاع في فترة إجراء الإحصاء السكاني، فلن يتمكن أحد من معرفة عدد السكان بشكل دقيق

في الهند في يوم محدد[1].

استنبط مهالانوبس أنه من الممكن تقدير مواصفات عدد كبير من السكان، إذا تمكنا من أخذ شريحة صغيرة تمثل العدد الأكبر. فيصبح لدينا اتجاهان. يكون الأول بإنشاء ما يعرف بـ«العينة الحاكمة». وتستخدم في هذه العينة كل المواصفات المعروفة عن السكان لاختيار مجموعة صغيرة من الأفراد يتم اختيارها لتمثل مجموعات مختلفة في أكبر عدد ممكن من السكان. كاستخدام تصنيف نيلسون Nielsen لتحديد عدد الأفراد الذين يشاهدون برامج التلفزيون، والذي يتم استنباطه من العينة الحاكمة. تقوم أبحاث نيلسون الإعلامية باختيار عائلات حسب حالتهم الاجتماعية والاقتصادية والمقاطعة التي يعيشون فيها.

قد تبدو العينة الحاكمة ولأول وهلة طريقة جيدة للحصول على عينة تمثل العدد الأكبر من السكان. ولكن لديها خطآن أساسيان. الأول هو أن العينة تقوم بتمثيل العدد الأكبر من السكان فقط عندما نكون متأكدين مما نعرفه عن هؤلاء السكان، لنتمكن بالتالي من إيجاد فروع رئيسية معينة يمكن تمثيلها،

(1) أجريت محاولة في الولايات المتحدة لحساب عدد السكان في يوم محدد من أجل الإحصاء السكاني كل عشر سنوات. ومع ذلك، اتضح أن استقصاء سنة 1970 والذي تلاه على أن العد الكامل سيفوته بعض الأفراد وسيضاعف عدد آخرين. وكذلك لا يمكن افتراض أن للأفراد الذين لم يتم عدهم من مجموعات اجتماعية اقتصادية معينة، أن لهم «صفات متشابهة» للمواطنين الذين تم عدهم. وقد يقال، حتى من قبل الولايات المتحدة، لا يمكن لأحد المعرفة الدقيقة لعدد الأشخاص في يوم معين.

وباستطاعتنا الاستغناء عن العينة إذا عرفنا الكثير عن أكبر عدد ممكن من السكان، لأن الأسئلة التي سنسألها عن العينة هي نفسها التي نحتاج إليها لتقسيم العدد الأكبر من السكان إلى مجموعات متجانسة. والخطأ الثاني أكثر تعقيداً. إذا كانت نتائج العينة الحاكمة خاطئة، فلا يوجد لدينا طريقة لمعرفة مدى بعد هذه النتائج عن الحقيقة. نقدت أبحاث نيلسون الإعلامية لعدم وجود عائلات إسبانية ضمن العينة، ولسوء التقدير في عدد العائلات التي تشاهد برامج التلفزيون باللغة الإسبانية.

كانت إجابة مهالانوبس على ذلك هي العينة العشوائية ذاتها. نستخدم العشوائية لاختيار أشخاص من أكبر عدد من السكان. تكون الأرقام التي نحصل عليها من العينة العشوائية غالباً خاطئة، ولكننا نستطيع استخدام النظريات الرياضية الإحصائية لتحديد كيفية أخذ وقياس العينة بطريقة أفضل، محاولين التأكد من أن الأرقام ستكون أقرب من غيرها إلى الحقيقة على المدى الطويل. علاوة على ذلك، فإننا نعرف الصيغة الرياضية للتوزيع الاحتمالي للعينات العشوائية، وباستطاعتنا حساب روابط الثقة على القيم الحقيقية للأمور التي نرغب في تقييمها.

لذلك، فإن العينة العشوائية أفضل من العينة الاختيارية والعينة الحاكمة، ليس فقط بسبب نتائجها الصحيحة ولكن لحصولنا على سلسلة من الإجابات تحتوي على الإجابة الصحيحة والاحتمالية القصوى.

البرنامج الجديد وأخذ العينات

لقد تطورت النظم الرياضية لأخذ العينات بسرعة في الثلاثينات، بعضها كان في المعهد الهندي للإحصاء تحت إشراف مهالانوبس، وأخرى من أبحاث كتبها نيمان في نهاية الثلاثينات، والبعض الآخر من خريجي جامعات نشطين تجمعوا في واشنطن العاصمة. Washington D.C، في بداية أيام البرنامج التشريعي والإداري الجديد. ناقش أصحاب العروض الجديدة في قسم العمل والعمال للحكومة الفدرالية الكثير من المسائل العملية التي تشمل أخذ العينات من أكبر عدد ممكن من السكان وتقديم الحلول لها.

خرج كل شاب وشابة تلقى الشهادة الجامعية من سنة 1932 حتى سنة 1939 إلى عالم من غير وظائف. وأي يأس أكثر من هذا. تكتب مارغريت مارتن Margaret Martin التي نشأت في يونكرس Yonkers في نيويورك Newyork، ودرست في جامعة بارنارد Barnard College، وأصبحت أخيرا مسؤولة في الدائرة الأمريكية للميزانية، قائلة:

> لم أتمكن من الحصول على وظيفة عندما تخرجت سنة 1933 . . . بينما شعرت صديقة لي تخرجت سنة 1934 بأنها محظوظة. وجدت وظيفة في قسم المبيعات بمحل ب. ألتمان B. Altman التجاري؛ وكانت تعمل ثماني وأربعين ساعة في الأسبوع وتتقاضى خمسة عشر جنيهاً. ولكن حتى مثل هذه الوظائف كانت نادرة

> نسبياً. كان لدينا مسؤولة التوظيف في بارنارد الشابة فلورنس دوتي Florence Doty، ذهبت إليها لمناقشة احتمالات ذهابي إلى مدرسة السكرتارية، كاثرين غبس Katherine Gibbs. لم أكن أعرف الطريقة الممكنة للحصول على المال، واعتقدت أنني بتعلم السكرتارية فإنني سأتعلم أمراً يساعدني في الحصول على المال. لم تكن الشابة دوتي سهلة التعامل، وكثير من الطلبة كانوا يخشونها... استدارت نحوي قائلة، «لا أقترح مطلقاً أن تأخذي دورة في السكرتارية! فإنك إذا تعلمت كيفية استخدام الآلة الكاتبة، وأثبت جدارتك في ذلك، فإنك لن تتمكني من تحقيق أي أمر آخر بالإضافة إلى الآلة الكاتبة... يجب أن تبحثي عن مهنة لها مركز ومستقبل أفضل».

تمكنت مارتن من العثور أخيراً على وظيفتها الأولى في ألباني Albany ، كخبيرة اقتصادية مبتدئة في مكتب الأبحاث والإحصاء في قسم ولاية نيويورك للتعيين والتوظيف، واستغلت هذه الوظيفة كنقطة انطلاق للدراسات العليا.

ذهب آخرون من الطلبة حديثي التخرج مباشرة إلى واشنطن. ذهب موريس هانسن Morris Hanson إلى مكتب الإحصاء الرسمي سنة 1933، بدرجة بكالوريوس في الاقتصاد من جامعة وايومنغ University of Wyoming. استخدمت دراستها الجامعية لمادة الرياضيات وقراءتها السريعة لأبحاث نيمان لتنسيق أول استبيان له قيمته في عالم التوظيف. وتلقى

ناثان مانتال Nathan Mantel درجته العلمية الجديدة في الأحياء من كلية سيتي City College في نيويورك CCNY ومن ثم توجه إلى المعهد الوطني للسرطان. وتلقى جيروم كورنفيلد Jerome Cornfield الذي تخصص في التاريخ في CCNY وظيفة كمحلل في قسم العمل.

كانت فترة العمل مع الحكومة مثيرة. خضعت الأمة للأنشطة الاقتصادية العادية وعديمة الجدوى، بينما كانت الحكومة الجديدة في واشنطن تبحث عن أفكار تبدأ بها من جديد. في البداية يجب معرفة مدى سوء الأمور في الدولة بأكملها. وبدأت بذلك الاستبيانات بشأن التوظيف والأنشطة الاقتصادية. أجريت هذه المحاولة لأول مرة في تاريخ الأمة لتحديد ما يحدث في الدولة بدقة. كان المكان مناسباً لعينة للاستبيانات .

كان على هؤلاء الشباب الطموح التغلب على اعتراضات الذين لم يفهموا المادة الرياضية. عندما أظهر أحد الاستبيانات الأولى في قسم العمل أن أقل من نسبة 10٪ من عدد السكان تلقوا نسبة 40٪ من الدخل، وصدرت هذه النسبة من الغرفة التجارية الأمريكية. مامدى صحة هذا الكلام؟ شمل الاستبيان أقل من نصف من نسبة 1٪ من السكان العاملين، وتم اختيار هؤلاء الأشخاص بطرق عشوائية! لقد أجرت الغرفة التجارية استبياناتها الخاصة بها، مأخوذة من آراء بعض الأعضاء عن حقيقة ما يحدث. وتم رفض هذا الاستبيان الجديد من قبل الغرفة لعدم دقته، لأن البيانات كانت عشوائية.

حاولت الحكومة سنة 1937 إجراء إحصاء عن نسبة البطالة، وأقر مجلس الشيوخ إحصاء البطالة لسنة 1937. وأصدر تشريعاً يطلب فيه من كل العاطلين عن العمل تعبئة بطاقات التسجيل وتوصيلها إلى مكتب البريد. تراوح عدد العاطلين عن العمل في تلك الفترة بين ثلاثة إلى خمسة عشر مليوناً، وكانت الحسبة الجيدة والوحيدة في استبيانات عشوائية قليلة أجريت في مدينة نيويورك. لاحظت مجموعة من علماء الاجتماع، بقيادة كال ديدريك Cal Dedrick وفريد ستيفان Fred Stephan في مكتب الإحصاء السكاني، عدم استجابة الكثير من العاطلين، مما سيظهر أرقاماً مليئة بالأخطاء غير المعروفة. صدر القرار بضرورة إجراء الاستبيان الجاد الأول للدولة بأكملها. اختار المكتب نسبة 2٪ من الطرق البريدية عشوائياً بمساعدة موريس هانسن في تصميم الاستبيان. ويقوم موزعو البريد بتسليم أسئلة الاستبيان لكل عائلة في طريقهم.

انغمر مكتب الإحصاء السكاني بالأعداد الهائلة من الاستبيانات حتى مع عينة 2٪. حاول مكتب خدمات البريد الأمريكي تنظيم الأمر وتشكيل جداول أولية. صُمّم الاستبيان ليضم معلومات مفصلة عن الدراسة الإحصائية للسكان وتاريخ المستجوبين، ولم يتمكن أحد من معرفة متابعة مثل هذه الكمية من المعلومات التفصيلية. فلنتذكر أن هذا كان قبل ظهور الكمبيوتر، فكان المعين الوحيد لقلم الرصاص والورق في تنظيم الجداول هو الحسابات الميكانيكية اليدوية. اتصل هانسون

بجيرزي نيمان الذي شكلت أبحاثه البنية الأساسية في تصميم الاستبيان. أشار نيمان حسب قول هانسون، أنه «لم يكن علينا معرفة كيف نطابق كل الحالات وفهم العلاقة بينها» للبحث عن إجابات لمعظم الأسئلة المهمة. وضع هانسون بناء على نصيحة نيمان والعاملين معه معظم التفاصيل المعقدة وغيز الواضحة للاستبيان ثم أحصوا العاطلين عن العمل.

استدعى الأمر سلسلة من الدراسات الدقيقة في مكتب الإحصاء السكاني، تحت إشراف هانسون، ليثبت أن هذه الاستبيانات العشوائية هي أكثر دقة من العينة الحاكمة التي كانت تُستخدم سابقاً. اتجه أخيرا المكتب الأمريكي لإحصائيات العمل ومكتب الإحصاء السكاني نحو العالم الجديد من أخذ العينات عشوائياً. اتبع جورج غالوب George Gallup و لويس بين Louis Bean هذه الأساليب في مجال الانتخابات السياسية[2]. ابتدأ مكتب الإحصاء السكاني بالتخطيط المدروس لعينة الاستبيان لتشمل الإحصاء السكاني ككل، هذا نسبة لإحصائيات سنة 1940. كان هناك الإحصائي الشاب الجديد الذي تم استئجاره في المكتب واسمه وليام هوروتز William Hurwitz.

(1) حضرت جلسة في نهاية الستينيات كان المتحدث فيها لويس بين. وصف الأيام السالفة، عندما بدأ هو وغالوب باستخدام الاستبيان في تطوير الترشيح السياسي. أظهر غالوب نفسه للعامة عن طريق أعمدة صحف النقابة، وأسماها انتخابات غالوب. استمر بين في انتخاباته الخاصة، وحذر غالوب بأنه قد ينشئ عموده الخاص ويسميه انتخابات (اقتراعات) بين السريعة (غالوبينغ).

تقارب هانسون وهوروتز أثناء المشاركة وأصبحا صديقين؛ أصدرا سلسلة من الأبحاث المهمة والفعالة، بلغت ذروتها سنة 1953 في الكتاب المدرسي، نظرية وأساليب استبيان العينة Sample Survey Methods and Theory، شارك بكتابته مؤلف ثالث اسمه وليام مادو William Madow. أصبحت أبحاث وكتب هانسون وهوروتز ذات أهمية في مجال استبيان العينة، وغالباً ما كان يستشهد بها، لدرجة اعتقد بعض العاملين في هذا المجال أن هناك شخصاً واحداً يدعى هانسون هوروتز.

جيروم كورنفيلد

صار الكثير من الشبان العاملين الذين وصلوا إلى واشنطن خلال البرنامج التشريعي الجديد، من الشخصيات الهامة في مجال الحكومة وفي التعليم الجامعي. انشغل البعض منهم بابتكار أساليب رياضية وإحصائية جديدة من أجل الحصول على شهادات التخرج. وأفضل مثال لذلك كان جيروم كورنفيلد. ساهم كورنفيلد في بعض الاستبيانات القديمة التي أجريت في مكتب العمل الإحصائي، ومن ثم انتقل إلى المعاهد القومية للصحة. نشر أبحاثاً بالاشتراك مع الشخصيات الرائدة في الجامعة. وقام بحل المسائل الرياضية المتعلقة بدراسات ضبط الحالة. تنوعت أبحاثه العلمية بين العمل على نظرية العينة العشوائية، إلى اقتصادية نماذج التوظيف، والبحث عن حالات السرطان في الدجاج، والمشاكل في التخليق الضوئي، وآثار سموم البيئة على صحة الإنسان. أنشأ الكثير من الأساليب

الإحصائية التي باتت نموذجية في الحقل الطبي، وعلم السموم، والصيدلة والاقتصاد.

كان من أحد إنجازات كورنفيلد المهمة في التصميم والتحليل الأولي لدراسات مدينة فرامنغهام Framingham، والتي بدأت سنة 1948. وكانت الفكرة باعتبار فرامنغهام، ماساتشوستس Massachusetts، «كمدينة نموذجية»، بقياس المتغيرات الصحية لكل فرد في المدينة، ومن ثم متابعة هؤلاء الأشخاص لبضع سنوات. استمرت هذه الدراسات أكثر من خمسين سنة. كان لديها وجود «الخطر البوليسي»، لأن المحاولات أجريت من وقت إلى آخر لإيقاف رصيدها في فوائد تخفيض الميزانية في الحكومة. ولكنها تبقى المصدر الرئيس للمعلومات للآثار طويلة المدى للنظام الغذائي ونمط الحياة لمرضى القلب والسرطان.

تطرق كورنفيلد لتحليل بيانات السنوات الخمس الأولى من دراسة فرامنغهام، إلى مسائل أساسية لم يتم تعيينها في الكتابات النظرية، وقام بحل تلك المسائل أثناء عمله مع أعضاء الكلية في جامعة برينستون. استمر آخرون بإنتاج الأبحاث في التطور النظري الذي بدأه. كان كورنفيلد سعيداً بإيجاده لهذا الأسلوب. شارك سنة 1967 في كتابة المقالة الطبية الأولى المُستنبطة من هذه الدراسة، والأولى في توضيح الآثار الناتجة من ارتفاع الكوليسترول واحتمالات الإصابة بأمراض القلب.

كنت في هيئة مع جيري كورنفيلد، عقدت سنة 1973 كجزء من مجموعة من جلسات الاستماع أمام الهيئة التشريعية

في الدولة. استُدعي كورنفيلد إلى الهاتف أثناء استراحات العمل، وكان يطلبه واسلي ليونتيف Wassily Leontief، عالم الاقتصاد في جامعة كولومبيا، إذ اتصل ليخبره أنه حاز جائزة نوبل في الاقتصاد، وأراد شكر كورنفيلد على الدور الذي ساهم به في أعمالهم، والذي أوصلهم إلى هذه الجائزة. وكانت بداية هذا العمل في نهاية الأربعينات عندما جاء ليونتيف إلى مكتب العمل الإحصائي للمساعدة.

ظن ليونتيف أنه بالإمكان تقسيم الاقتصاد إلى قطاعات، مثل الزراعة وصناعة الفولاذ، والبيع بالتجزئة، وهكذا. فيستخدم كل قطاع مواد وخدمات من القطاعات الأخرى لإنتاج مواد أو خدمات، تقوم بدورها بتزويد القطاعات الأخرى. ويمكن وصف هذه العلاقة المتبادلة على هيئة المصفوفات الرياضية. وتدعى غالباً «تحليلات التغذية والإنتاج». ذهب ليونتيف عند بداية تحقيقه في هذا النموذج مع نهاية الحرب العالمية الثانية، إلى مكتب العمل الإحصائي للمساعدة في جمع البيانات اللازمة. وقام مكتب العمل بتعيين المحلل الشاب جيروم كورنفيلد، من أجل مساعدته والذي كان يعمل هناك آنذاك.

كان يمكن ليونتيف أن يقسم الاقتصاد إلى عدة قطاعات واسعة، كأن يضع الصناعات بأكملها في قطاع واحد، أو كأن يقسم القطاعات إلى قطاعات أكثر تحديداً. تحتاج النظرية الرياضية لتحليلات التغذية والإنتاج، أن يكون للمصفوفات التي

تصف الاقتصاد معكوس فريد. وهذا يعني أنه يجب أن تخضع للنظام الرياضي عند تكوين المصفوفة، ويدعى «المصفوفة العكسية. كان عكس المصفوفة أمر شاق وممل على الآلة الحاسبة» آنذاك وقبل الانتشار الواسع للكمبيوتر. كان على كل منا في الثانوية، أن يعكس المصفوفة، على ما اعتقد كنوع من الطريقة الدينية «من أجل نقاء أرواحنا». أذكر محاولتي عكس مصفوفة 5×5 والتي قد تستغرق عدة أيام، أقضيها في تحديد أخطائي وإعادة هذه الأخطاء.

أوصلت مجموعة ليونتيف الأولى من القطاعات إلى مصفوفة 12×12، وتابع كورنفيلد في عكس مصفوفة 12×12 ليرى إذا كان هناك حل فريد. استغرق الأمر معه أسبوعاً، واقتضت النتيجة النهائية التوسع في عدد القطاعات. لذلك بدأ كورنفيلد وليونتيف بخوف، بتقسيم القطاعات إلى أن تنتهي بأسهل مصفوفة في اعتقادهما أنها ملائمة مصفوفة 24×24. كانا يعلمان أن هذا أكبر من قدرة الفرد العادي. وقدر كورنفيلد جهد مئات السنوات من العمل الأسبوعي المتواصل ليعكس مصفوفة 24×24.

طورت جامعة هارفرد خلال الحرب العالمية الثانية أحد الكمبيوترات القديمة جداً. واستخدمت مفاتيح مطورة وغالباً ما كانت تتشابك. لم يعد هناك المزيد من أعمال الحرب، وكانت هارفرد تبحث عن استعمالات لآلتها الضخمة. فقرر كورنفيلد وليونتيف إرسال معكوستهما 24×24 إلى هارفرد، كي يقوم

حاسبها الآلي الفريد من نوعه، بالحسابات المملة حساب القيمة العكسية. أوقف قسم الحسابات في مكتب العمل الإحصائي هذا المشروع لما بدآ يبحثان عن طريقة تمويله. كان لدى الحكومة في ذلك الوقت سياسة ما؛ بأن تدفع للبضائع وليس للخدمات. كانت النظرية بأن الحكومة لديها الكثير من الخبراء العاملين لديها. فإذا لزم عمل شيء فيجب أن يكون لدى الحكومة من هو قادر على فعله.

وأوضحا للمسؤول عن المحاسبة في الحكومة بأنه، طالما أن هذا الأمر هو نظري يقوم به الأفراد، فلن يتمكن أحد من إنجازه. تعاطف المحاسب معهما ولكنه لم يجد طريقة للتلاعب مع الأنظمة. اقترح كورنفيلد اقتراحاً. ونتيجة لذلك، أصدرت الدائرة أمراً بشراء بضائع رأسمالية. ماهي البضائع الرأسمالية؟ لقد كتب على فاتورة الدائرة طلب شراء من هارفرد «مصفوفة واحدة، معكوسة».

المؤشرات الاقتصادية

كانت لأعمال الشباب والشابات الذين اندفعوا نحو الحكومة خلال الأيام الأولى للبرنامج التشريعي الجديد، أثر فعال وأهمية أساسية للأمة. أدت هذه الأعمال إلى سلسلة منظمة من المؤشرات الاقتصادية، والتي تستخدم في تحسين الاقتصاد. تضمنت المؤشرات قوائم أسعار المستهلك (بسبب التضخم المالي)، الاستبيان الحالي للسكان (لتوضيح نسبة

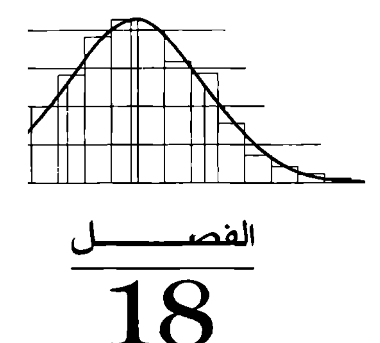
البطالة) الإحصاء الرسمي للتصنيع، والتعديلات المتوسطة لتقديرات دائرة إحصاء المواطنين في الإحصاءات العقدية، والكثير من الاستبيانات الأقل شهرة، والتي تم نسخها واستخدامها من قبل شعوب عاملة في أنحاء العالم.

أصبح ب.س. مهالانوبس الصديق الشخصي لرئيس وزراء الهند جواهرلال نهرو Jawaharlal Nehru في بداية أيام الحكومة الهندية الجديدة. غالبا ما كانت محاولات نهرو وبتأثير منه، تتغير في محاكاة مركز التخطيط بالاتحاد السوفييتي بالتغير الدقيق في عينات الاستبيان، والتي أظهرت حقيقة ما يحدث في اقتصاد الأمة. قام البيروقراطيون في روسيا بإنتاج شخصيات كاذبة وهمية للإنتاج، وللأنشطة الاقتصادية لإرضاء الحكام، والذي شجع الإفراط الأحمق في مخططاتهم الاقتصادية الرئيسية. كانت التقديرات الجيدة للحقائق في الهند دائماً متوفرة. قد لا تعجب نهرو وأتباعه، لكن كان عليهم التعامل معها.

ذهب ر.آ. فيشر سنة 1962 إلى الهند، حيث دعاه مهالانوبس قبلها عدة مرات. كانت هناك مناسبة خاصة. اجتماع كبير لرواد علم الإحصاء للاحتفال بالذكرى الثلاثين لإنشاء المعهد الهندي للإحصاء، وحضرها فيشر ونيمان وإيغون بيرسون وهانسون وكورنفيلد وغيرهم من الولايات المتحدة وأوروبة. مُلئت الجلسات بالحيوية، ولم يزل حقل الإحصاء الرياضي مليئاً ببعض المسائل التي لا حل لها. اخترقت أساليب

الإحصاء التحليلي كل المجالات العلمية. واستمر تقديم التكنولوجيا الجديدة في التحليل واختبار صحتها. كان هناك أربعة مجتمعات مكرسة لهذه المادة وعلى الأقل ثماني مجلات رئيسية (أنشأ مهالانوبس إحداها).

اتجه الحاضرون عند انتهاء المؤتمر كل إلى حال سبيله، وسمعوا لما عادوا إلى منازلهم، نبأ وفاة ر.آ. فيشر بالذبحة الصدرية في طريق عودته بالمركب إلى روسيا، وذلك عن عمر يناهز الثانية والسبعين. ملأت أبحاثه خمسة مجلدات، واستمر تأثير كتبه في كل ما يجري في علم الإحصاء. فوصلت إنجازاته و ابتكاراته العظيمة إلى نهايتها.



الفصل

18

هل التدخين يسبب السرطان؟

نشر ر.آ. فيشر سنة 1958 بحثاً بعنوان «السجائر، والسرطان، والإحصائيات Cigarettes, Cancer, and Statistics» في مجلة Centennial Review، وبحثين في مجلة الطبيعة Nature بعنوان «سرطان الرئة والسجائر؟ Lung Cancer and Cigarettes?» و«السرطان والتدخين Cancer and Smoking». ثم ضمها جميعاً في كتيب بعنوان «التدخين: والخلاف حول السرطان. بعض المحاولات لتقييم الدلائل Smoking: the Cancer Controversy Some Attempts to Assess the Evidence» مستطرداً في مقدمة الكتيب. أصر فيشر في هذه الأبحاث، (والذي غالباً ما كانت تؤخذ صوره مدخناً غليونه) أن الدلائل المزعومة التي تظهر التدخين مسبباً للسرطان دلائل خاطئة وغير صحيحة.

لم يكن فيشر الوحيد في

نقده لدراسات التدخين/السرطان في ذلك الوقت، إذ تساءل كذلك حول النتائج جوزيف بيركسون Joseph Berkson، المسؤول الإحصائي في مشفى مايو Mayo clinic، والرائد بين الإحصائيين الحيويين الأمريكيين. اعترض جيرزي نيمان على الحجج المستخدمة في الدراسات المصاحبة لسرطان الرئة وتدخين السجائر. كان فيشر أكثرهم حدة في نقده. وبتراكم الدلائل في السنوات التالية، واقتناع بيركسون ونيمان بأن العلاقة قائمة، ظل فيشر صلباً في رأيه، ومتهماً لبعض رواد البحث بالتلاعب في بياناتهم. أصبح الأمر محرجاً لكثير من علماء الإحصاء. أنكرت عندها الشركات المنتجة للسجائر صحة هذه الدراسات، مشيرة إلى أنها مجرد «روابط إحصائية»، وأن لا برهان لديهم يربط السجائر بسرطان الرئة، وبدا فيشر متفقاً مع هذا الرأي. خيم جو من الهجوم العنيف في نقاشه، وهذه، على سبيل المثال فقرة من أحد أبحاثه:

> أُحضرت الحاجة لمثل هذه الدقة (للبحث الذي يظهر العلاقة) إلى منزلي السنة الماضية بشكل قسري في حواشٍ نشرت في مجلة المجمع الطبي البريطاني، لتوصلنا إلى النهاية الصارمة عن أهمية توظيف وسائل الإعلان الحديثة لتوضح لكل بيت في هذا العالم مدى خطورة الأمر. لم أكن متأكداً من حبي «لكل وسائل الإعلان الحديثة»، عندما قرأت هذا وظهرت لي ضرورة توضيح التمييز الأخلاقي في هذه المرحلة. . . (إنه) لا يليق بالمواطن الصالح أن يزرع الخوف في

> عقول مئات الملايين من المدخنين حول العالم - أن يزرع الخوف بمساعدة وسائل الإعلان الحديثة بتمويل من الدولة - من غير المعرفة الأكيدة من حقيقة هذا الخوف ضد هذه الضجة التي تستهدفها الحملات الإعلانية. . .

ولسوء الحظ، لم يظهر فيشر اعتراضاته بشكل واضح أثناء غضبه من استخدام الحملة الإعلانية من قبل الحكومة لنشر هذا الخوف. فأصبح الأمر مثل الحكمة التقليدية بأنه يلعب دور العجوز صاحب النزوات الذي لا يريد أن يتخلى عن سيجاره المفضل، التحق جيروم كورنفيلد وخمسة من ذوي الخبرة العالية بالسرطان سنة 1959، بالمعهد الوطني للسرطان National Cancer Institute (NCI، والمجمع الأمريكي للسرطان the American Cancer Institute، ومعهد سلون-كيترينغ Sloan-Kettering Institute، لكتابة بحثٍ من ثلاثين صفحة لمراجعة كل الدراسات التي نشرت. بحثوا في اعتراضات فيشر ويركسون ونيمان، واعتراضات أثارتها مؤسسة التبغ (لصالح شركات التبغ). قدموا مناظرة منطقية عقلانية أوضحت أن الدلائل كانت بشكل ساحق لصالح توضيح أن «التدخين عامل مسبب في الحوادث المتزايدة من حالات سرطان الرئة».

وهكذا استقر الموضوع المطروح للمجتمع الطبي بأكمله. واستمرت شركات التبغ بالدفع للمجلات الشهيرة من أجل صفحات كاملة للإعلان، مما طرح التساؤل حول الترابط في

ذلك وكونها روابط إحصائية فقط، ولكن لم تظهر مقالات بعد سنة 1960 في المجلات العلمية ذات السمعة الجيدة لتفنّد هذا الأمر. مات فيشر بعد خمس سنوات. ولم يستمر في مناقشة الأمر، ولم يأخذ أحد مكانه من بعده.

هل يوجد حقاً ما يدعى المسببات والنتائج؟

هل كان هذا كله هراء وضعه مسنّ أراد أن يدخن سيجاره بسلام، أم لفيشر منطق اعتراضاته؟ قرأت أبحاث فيشر عن التدخين والسرطان، وقارنتها بأبحاث سابقة له عن طبيعة البرهنة المؤثرة والعلاقة بين النماذج الإحصائية والنتائج العلمية. يظهر خط منطق مبين. تعامل فيشر مع مسألة منطقية، مسألة قدمها الفيلسوف الإنجليزي بيرتراند راسل Bertrand Russel في بداية الثلاثينات، مسألة تنخر في قلب الفكر العلمي، مشكلة لم يرها الناس كمسألة جادة: ما القصد بـ «المسببات والنتائج»؟ ليس من السهل الإجابة عن هذا السؤال.

قد يتذكر القراء بيرتراند راسل بشعره الأبيض وشكله العجوز، ولكنه كان معروفاً كفيلسوف عالمي، أضاف صوته في نقد الولايات المتحدة ودورها في حرب فيتنام في الستينيات. كان اللورد راسل وقتها معروفاً رسمياً وعلمياً كعقل مفكر رائع في علم المنطق للقرن العشرين. ناقش في أول عمل أساسي كتبه مع ألفرد نورث وايتهيد Alfred North Whitehead ـ والذي كان رئيسه لسنوات ـ الدعائم المنطقية لعلم الحساب

والرياضيات، في كتاب بعنوان مبادئ الرياضيات Principia Mathematica، وحاول الكتاب إيضاح الأفكار الرئيسية للرياضيات، مثل الأرقام والإضافة على أساس بديهيات بسيطة تتعامل مع نظرية مدروسة.

كان منطق الرموز من إحدى الأدوات الأساسية في أعمال راسل وايتهيد، وهو أسلوب في التحقيق كان أحد الاكتشافات العظيمة في بداية القرن العشرين. قد يتذكر القارئ دراسته لمنطق أرسطو مع أمثلة مثل «كل الأشخاص معرضون للفناء. سقراط كان شخصاً. لذلك، سقراط معرض للفناء».

كانت قوانين أرسطو في المنطق أدوات لا جدوى منها رغم تدريس هذا المنطق لنحو ألفين وخمسمئة سنة. هاجمت الأمور الظاهرة للعيان، وأعدت قوانين تحكمية لما هو منطقي أو غير منطقي، وفشلت في محاكاة استخدام المنطق في براهين علم الرياضيات، المكان الفريد الذي استخدم فيه المنطق لإنتاج معرفة جديدة. وفي الوقت الذي كان فيه الطلبة يحفظون طائعين أصناف المنطق المبني على فنائية سقراط وعلى سواد ريش الغراب، كان علماء الرياضيات يكتشفون طرقاً جديدة في التفكير، مثل حساب التفاضل والتكامل، مع استخدام الأساليب المنطقية التي لا تتفق جيداً مع أصناف أرسطو.

تغير كل هذا مع التطور في النظرية المدروسة، ومع منطق الرموز في السنوات الأخيرة من القرن التاسع عشر وبداية القرن

العشرين. بدأ منطق الرموز وفي الشكل الأولي الذي اقترحه راسل وورايتهيد، بأفكار صغيرة جداً تدعى «بالمقترحات. لكل مقترح قيمة صوابية تدعى «ص» أو «ف»[1]. ومن ثم يتم ربط المقترحات ومقارنتها برموز مثل «و» و «أو» و مثل «لا» وأيضاً مثل «يساوي». لأن لكل مقترح صغير قيمة صوابية، ولكل تركيبة قيمة صوابية، يمكن حسابها عن طريق سلسلة من خطوات مادة الجبر. وعلى هذا الأساس البسيط، بنى راسل ووايتهيد وغيرهم تركيبات من الرموز تصف الأرقام والحسابات، ويظهر أنها قادرة على وصف كل أنواع البراهين.

كلها ماعدا واحدة! يظهر أنه لا يوجد طريقة لإيجاد مجموعة من الرموز لتعني أن «أ» يسبب «ب». يراوغ مفهوم المسببات والنتائج جهود علماء المنطق من أجل أن يخضع نفسه تحت قوانين منطق الرموز. كلنا يعلم، بالطبع، ما يعنيه مفهوم «المسببات والنتائج». فإذا سقط كوب زجاجي على أرض الحمام، ينكسر الكوب نتيجة لذلك. وإذا كبح الرجل كلبه كلما أخطأ في مساره، يتعلم الكلب نتيجة لهذا العمل فيتبع المسار

(1) فلنلاحظ الطبيعة المجردة لذلك». «T أو «ص» بالطبع تعني «حقيقي» و«F» أو «خ» تعني «خطأ» وباستخدام رموز لا معنى لها ظاهرياً، تمكن علماء الرياضيات من التفكير في تنوع الأفكار. فلنفترض، مثلاً، قدمنا ثلاث قيم حقيقية: «F» «T» و«M» أو «ص» «خ» و «ر» (تعني «ربما») فما أثر هذه الرموز على علم الرياضيات؟ فقد أدى استخدام مثل هذه الرموز المجردة إلى تركيبات رائعة في منطق الرموز، وظل هذا الموضوع نقطة بحث حيوية في الأبحاث الرياضية في السنوات التسعين الماضية.

الصحيح. وإذا استخدم المزارع المخصبات في محصوله ينمو نتيجة لذلك المحصول بشكل أفضل. وإذا تناولت سيدة المهدئات خلال الأشهر الثلاثة الأولى من الحمل، يولد طفلها بأطراف رقيقة جداً نتيجة لذلك. وإذا عانت امرأة أخرى من التهاب في منطقة الحوض، كان ذلك بسبب موانع الحمل الرحمية التي استخدمتها[2]. وإذا كانت هناك مجموعة قليلة جداً من السيدات في مراكز إدارية عالية في شركة س مثلاً، فذلك بسبب الإجحاف من قبل المديرين. وإذا كان ابن عمي سريع الغضب، فذلك بسبب كونه ولد في برج الأسد.

---

(2) في قضية ماردر ف.ج.د. س. إيرل Marder V.G.D.S earle، والتي سرت في المحاكم الفيدرالية في سنة 1980، صرح فيها المدعي أن مرضها كان بسبب واقي الحمل الذي كانت تستعمله. وكدليل، قدم المدعي شواهد طبية توضح أن زيادة الالتهاب المتكرر في منطقة الحوض يكثر بين النساء اللواتي يستعملن الواقي، وأبرز الدفاع تحليلات إحصائية حسبت نسبة 95٪ من روابط الثقة على نسبة المخاطرة (احتمالية الإصابة بالمرض مع استعمال الواقي مقسمة على احتمالية الإصابة بالمرض من غير استعمال الواقي)، تراوحت نسبة روابط الثقة بين 6. إلى 0.3. وبذلك أصبحت هيئة المحلفين في ورطة. وحكم القاضي لمصلحة الدفاع، مبيناً: «(أنه) من المهم على وجه الخصوص أن نتأكد أن استدلالات المسببات مبنية على الأقل على احتمالية معقولة للمسببات». وهناك فرضية غير مثبتة على أنه يمكن تعريف الاحتمالية على أنها احتمالية شخصية. وبالرغم من أن الفكرة حاولت التفريق بين «المسببات» «والارتباط الإحصائي» وسوء الفهم الحاصل، وحدث هذا أيضاً في الأحكام في المحاكم العليا، مشيرين إلى التناقض الأساسي الذي يشمل مفهوم المسببات والنتائج، والتي ناقشها راسل منذ خمسين سنة.

لا تتساوى المفاهيم العامة للمسببات والنتائج كما أوضح بيرتراند راسل في بداية الثلاثينات. هناك عدة أمثلة للمسببات والنتائج لا يمكن تسويتها لتتماشى مع خطوات البرهنة نفسها. فلا وجود في الواقع للمسببات والنتائج، وهو وهم شائع، مبهم لا يستطيع الصمود أمام البرهان الواضح، لاحتوائه على مجموعة غير منسجمة من الأفكار المتناقضة التي لا قيمة لها في الدراسات العلمية.

المضمون المادي

قدّم راسل مفهوماً معروفاً لمنطق الرموز بدلا من مفهوم المسببات والنتائج، يدعى «المضمون المادي». فمكننا إنشاء مفهوم أن افتراض أ يتضمن افتراض ب وذلك باستخدام الأفكار القديمة للافتراضات الصغيرة ورموز الربط مثل «و» «أو»، «لا»، و«يساوي». ويشمل هذا أن افتراض غير ب يتضمن غير أ. يبدو الأمر كالعبارات المتناقضة التي تظهر في نظرية بييز Bayes (والتي بحثناها في الفصل الثالث عشر). مع وجود بعض الاختلافات العميقة، والتي سنفحصها في فصل لاحق.

قدم عالم الفيزياء الألماني روبرت كوخ Robert Koch في نهاية القرن التاسع عشر، مجموعة من المسلّمات تحتاج إلى إثبات أن بعض العوامل المسببة للمرض قد أدت إلى أمراض معينة. تتطلب هذه المسلمات معرفة أن:

1. إذا أمكن زراعة العامل المسبب، هذا دليل على وجود المرض.

2. إذا لم يوجد المرض، فلا يمكن زرع العامل المسبب.
3. إذا أزلنا العامل المسبب، اختفى المرض.

وضع كوخ حالات المضمون المادي بقليل من الإطناب. ويبدو هذا ملائماً للجزم بأن بكتيريا معينة تسبب مرضاً معدياً. ولكن تصبح مسلّمات كوخ شبه عديمة الأهمية عندما نبحثها مع التدخين والسرطان. فلنبحث في قوة الرابطة بين سرطان الرئة وتدخين السجائر وملاءمتها لمسلمات كوخ (ومن ثم المضمون المادي لراسل). والعامل المسبب هو تاريخ طويل في تدخين السجائر، أما المرض فهو السرطان الحرشوفي للرئة. هناك قسم من مدخني السجائر لا يصيبهم سرطان الرئة. ولا تتحقق بذلك المسلمة الأولى لكوخ. وهناك قسم من الناس يصيبهم سرطان الرئة ويدّعون بأنهم ليسوا مدخنين. وإذا صدقنا ادعاءاتهم، فإن المسلمة الثانية لكوخ لا تتحقق. وإذا حصرنا نوع السرطان في ورم في الخلايا الشوفانية الصغيرة، فقد ينعدم عدد المدخنين بالنسبة لهذا المرض، لذلك فقد تتحقق المسلمة الثانية. وإذا نحينا العامل المسبب جانباً، وهذا بتوقف المريض عن التدخين، فقد يستمر حدوث المرض، ولا تتحقق بذلك المسلمة الثالثة لكوخ.

إذا طبقنا مسلمات كوخ (بالإضافة إلى المضمون المادي لراسل)، فالأمراض الوحيدة التي سيتعرضون لها هي حالات حادة سببتها عوامل معينة مسببة للأمراض، ممكن أن نستنبتها من الدم أو من سوائل أخرى في الجسم. لا ينطبق هذا على

مرضى القلب والسكر والربو والتهاب المفاصل أو السرطان بأشكال أخرى.

حل كورنفيلد

فلنعد إلى البحث الذي قدمه كورنفيلد مع خمسة من أخصائيي السرطان المشهورين[3] سنة 1959 وقام كل منهم بوصف الدراسات التي أجريت في هذا الموضوع. في البداية كانت هناك دراسة لريتشارد دول Richard Doll و أ. برادفورد هيل[4]، A.Bradford Hill، نُشرت في المجلة البريطانية الطبية British Medical Journal سنة 1952. ازداد قلق دول وهيل بشأن

---

(3) المؤلفون المشاركون هم وليام هينزل William Haenszel من الجمعية الوطنية للسرطان (NCI)، و إ. كاتلر هاموند E.Cutler Hammond من الجمعية الأمريكية للسرطان، وابراهام ليلنفلد Abraham Lilienfled من المدرسة الصحية والصحة العامة، وجامعة جون هوبكنز، ومايكل شمكن Michael Shimkin من NCI، وإيرنست وايندر Earnest Wynder من جمعية سلون كيتيرنغ Sloan -Kettering. وبعد كل هذا فقد تم تقديم وتنظيم البحث من قبل كورنفيلد. وعلى وجه الخصوص، كتب كورنفيلد المقاطع التي فحصت وفندت بدقة نقاشات فيشر.

(4) بالرغم من حقيقة أن ر. أ فيشر اختار أن يهاجم أعمال هيل ودول على وجه الخصوص،فكلا الرجلين كان له دور بارز في التوسع في أساليب فيشر في مجال الأبحاث الطبية. وغالباً وبجهد منفرد أقنع هيل المجتمع البريطاني الطبي أن المعلومات المفيدة يمكن الحصول عليها فقط من الدراسات التي اتبعت مبادئ فيشر في تصميم التجارب. لقِّب ريتشارد دول، لاحقاً بالأستاذ الملكي للطب في جامعة أوكسفورد University of Oxford، ومرادفاً لكل تحول في الأبحاث الطبية الحديثة للنماذج الإحصائية.

العدد المتزايد من المرضى الذين توفوا بسبب سرطان الرئة في المملكة المتحدة. بحثنا في مئات الحالات وقارناها بمرضى مماثلين لهم (العمر نفسه، والجنس، والوضع الاجتماعي الاقتصادي) والذين تم إدخالهم إلى المستشفى نفسه وفي الوقت نفسه، ولكنهم لم يكونوا مصابين بسرطان الرئة. كان عدد المدخنين من بين مرضى سرطان الرئة عشرة أضعاف غيرهم من المجموعات الأخرى (ويطلق عليهم في مثل هذه الدراسة الحالات المضبوطة). ظهرت خمس دراسات أخرى لها الطبيعة نفسها في نهاية سنة 1958، لمرضى من الدول الاسكندنافية والولايات المتحدة وكندا وفرنسا واليابان. وأظهرت كلها النتائج نفسها: نسبة أعلى من المدخنين من بين مرضى السرطان عنها في الحالات المضبوطة.

تسمى مثل هذه الدراسات «دراسات الاستعادة». تبدأ بالمرض وتعمل بالرجوع إلى السابق لترى ما هي الأوضاع التي قد تصاحب المرض. فقد يحتاجون حالات مضبوطة (مرضى غير مصابين بالمرض) للتأكد من أن الأوضاع السابقة مصاحبة للمرض نفسه وليس لبعض الصفات العامة للمرضى. ويتم نقض هذه الحالات المضبوطة بعدم مطابقتها لحالات المرض. أجريت إحدى دراسات الاستعادة المشهورة في كندا عن آثار المُحليّات الصناعية في الإصابة بمرض سرطان المثانة. وكما يبدو فقد أظهرت الدراسة علاقة بين المُحليات الصناعية وسرطان المثانة، ولكن أوضحت تحليلات دقيقة للبيانات أن

معظم حالات المرض كانت من الطبقات الاجتماعية الاقتصادية الدنيا بينما كانت الحالات المضبوطة من طبقات أعلى. وهذا يعني عدم التوافق بين الحالات المرضية والحالات المضبوطة. اقترح في بداية التسعينيات ألڤان فاينشتاين Alvan Feinstein ورالف هورڤتز Ralph Horvitz من كلية الطب في جامعة ييل Yale قوانين صارمة لإجراء مثل هذه الدراسات للتأكد من مطابقة الحالات المرضية والحالات المضبوطة. وإذا قمنا بتطبيقها ستفشل كل قوانين فاينشتاين ـ هورڤتز إذا طبقناها على دراسات الاستعادة لحالات الضبط في السرطان والتدخين.

الاتجاه البديل هو في الدراسات المستقبلية. تُميّز مجموعة من الأشخاص مسبقاً، ويُسجل تاريخهم في التدخين بدقة، وتتم متابعة ما يحدث معهم. وبقدوم سنة 1958 تم إجراء ثلاث دراسات مستقبلية مستقلة. الأولى (والتي كتب تقريرها هيل ودول، اللذان أجريا دراسات الاستعادة الأولى) تضمنت خمسين ألف طبيب في المملكة المتحدة. لم تتم متابعة المواد لفترة طويلة في دراسة هيل ودول، بل استعاضا بإجراء مقابلات مع خمسين ألف طبيب حول عاداتهم الصحية، وشملت عادة التدخين، ومن ثم متابعتهم لمدة خمس سنوات، لأن كثيراً منهم أصيب بسرطان الرئة. نجد الآن أن الدلائل أكدت وجود علاقة. فقد تمكنا من تقسيم الأطباء إلى مجموعتين تبعاً لمدى تدخينهم. لدى الأطباء كثيري التدخين احتمالية أكبر للإصابة بسرطان الرئة. كانت هذه استجابة الجرعة، مفتاح صحة الفعالية

في علم الصيدلة. أجرى هاموند Hammond و هورن Horn دراسة مستقبلية في الولايات المتحدة (نشرت سنة 1958) على 187783 رجلاً، تمت متابعتهم لمدة أربعة أشهر. وجدا فيهم أيضاً استجابة الجرعة.

هناك بعض المشاكل في الدراسات المستقبلية، ومع ذلك، إذا كانت الدراسة صغيرة، فربما تشمل مجموعة معينة من السكان. قد لا يمكن استقراء نتائج مجموعة كبيرة من السكان. أُجريت معظم هذه الدراسات المسبقة على الذكور مثلاً، بينما كانت إصابة النساء بسرطان الرئة قليلة جداً لنتمكن من تحليلها. ومشكلة الدراسات المستقبلية هي أن الوقائع قد تستغرق وقتاً طويلاً في حدوثها (سرطان الرئة) للتمكن من إجراء تحليلات مناسبة. تمت معالجة هاتين المشكلتين بمتابعة عدد كبير من الناس. يجعل العدد الكبير النتائج تدل على عدد كبير من السكان أكثر تصديقاً. وإذا كانت احتمالية الوقع صغيرة والمدة قصيرة، ومتابعة عدد كبير من الناس في مدة قصيرة سيستمر في إنتاج وقائع من أجل تحليلها.

استخدمت الدراسة الثانية لدول وهيل أطباء، لاعتقادها أنه يمكن الاعتماد على تذكرهم لعادات التدخين لديهم، ولأن انتماءهم للعمل الطبي يجعل الأمر أكيداً فعلاً بأن حالات سرطان الرئة التي حدثت في المجموعة تم تسجيلها. هل يمكننا استقراء النتائج من أطباء متعلمين ومحترفين فيما قد يحدث للحمالين الذين لم ينهوا دراستهم الثانوية؟ استخدم هاموند

وهورن نحو مئتي ألف رجل آملين أن تكون العينة أكثر تمثيلاً، مع مخاطرة الحصول على معلومات أقل دقة. قد يتذكر القارئ هنا الاعتراض الذي واجهه كارل بيرسون في بيانات العينات لأنها عينات مناسبات. ألم تكن هذه عينات مناسبات أيضاً؟

وللإجابة عن هذا الاعتراض، فحص هـ.ف. دورن H.F. Dorn سنة 1958 شهادات الوفاة الصادرة من ثلاث مدن كبيرة وأتبعها بمقابلات للعائلات التي نجت. شملت هذه الدراسة جميع الوفيات، لذلك لا يمكن اعتبارها عينة مناسبات. كانت العلاقة بين التدخين وسرطان الرئة ساحقة، ولكن قد يجادل البعض في عدم صحة المقابلات مع أعضاء العائلات الناجية. كانت العلاقة بين التدخين وسرطان الرئة جلية وواضحة لما أُجريت هذه الدراسة. كان من الممكن لأقرباء المرضى الذين ماتوا بسرطان الرئة أن يتذكروا غالباً، كيف كان أقرباؤهم من المدخنين أكثر من أقرباء مرضى توفوا بأمراض أخرى.

وهكذا الحال مع كل دراسات علوم الأوبئة. تخطئ كل دراسة في جانب ما. كان الناقد في كل دراسة يضع احتمالات قد تؤدي به إلى تحيز في النتائج. جمع كورنفيلد والمؤلفون الذين شاركوه ثلاثين دراسة أجريت في علم الأوبئة قبل 1958 بعدة مدن مع التركيز على الاختلاف السكاني. وكما أشاروا، فإن تطابق الدراسات المختلفة، تَوجّه لاعتماد النتيجة النهائية. قاموا واحداً تلو الآخر بمناقشة اعتراضاتهم، وقاموا باعتبار اعتراضات بيركسون موضحين كيف يمكن لدراسة ما أو غيرها

أن تُستخدم في التوجه نحوهم. اقترح نيمان إمكانية انحراف دراسات الاستعادة الأولية عن مسارها إذا عاش المريض المدخن فترة أطول من غير المدخنين، وإذا كان سرطان الرئة يصيب كبار السن فقط. قدم كورنفيلد وغيره بيانات عن المرضى في دراساتهم، توضح عدم تقبل العقل هذه المواصفات.

واجهوا المسألة بطريقتين في ما إذا كانت عينات المناسبات تجريدية. وأوضحوا نوعية المرضى من السكان الذين لهم علاقة. مع زيادة الاحتمالية بأن النتائج تبقى في حدود السكان. كما أنهم أشاروا أن العلاقة بين المسببات والنتائج يُحتفظ بها كنتيجة لأساسيات الأحياء. وبذلك يظل الاختلاف في الخلفية الاجتماعية الاقتصادية وفي العرق في غير مكانها. راجعوا دراسات علم السموم، التي أوضحت تأثيرات تدخين التبغ المكونة للسرطان، التي أجريت على الحيوانات المخبرية وفي زراعة الخلايا.

ويعتبر بحث كورنفيلد وغيره مثالاً تقليدياً في إثبات المسببات في دراسات علم الأوبئة. تستمر الدلائل في تصاعدها رغم تصدع كل الدراسات، لدعم دراسة تلو الأخرى النتائج نفسها.

التدخين والسرطان مقابل عامل البرتقال

تتضح الصورة المقابلة في محاولات اتهام عامل البرتقال لتسببه بمشاكل صحية، عانى منها المحاربون في ڤيتنام في

أواخر حياتهم، وكان تلوث مبيدات الأعشاب هو العامل المسبب. تعاملت معظم الدراسات مع العدد القليل نفسه من الرجال الذين تعرضوا بعدة طرق لمادة مبيد الأعشاب. لم تدعم دراسات أجريت على أناس آخرين هذه النتائج. وقع حادث سنة 1970 في معمل كيميائي شمال إيطاليا نتج عنه تعرض عدد كبير من الأشخاص لمستويات عالية من المادة الملوثة، من غير مؤثرات طويلة المدى. ودلت دراسات على عاملين في مروج نيوزيلندة ومزارعها تعرضوا للمادة الملوثة زيادة في نوع خاص من العيوب الخلقية، ولكن كان معظم العاملين من شعب الماوو الذي لديه قابلية جينية تجاه عيوب خلقية معينة.

يكمن الاختلاف الآخر بين دراسات التدخين وعامل البرتقال، أن النتائج المفترضة من التدخين محددة بشكل كبير (سرطان حرشوفي للرئة). تكونت معظم الحوادث التي تسبب بها افتراضاً، التعرض لعامل البرتقال من مشاكل في الأعصاب والجهاز التناسلي. وهذا يجري بشكل مضاد مع النتائج المعتادة للمواد السامة على أن عوامل معينة تسبب أنواعاً معينة من الآفات. أما بالنسبة لدراسات عامل البرتقال، فلا يوجد أي مؤشر لاستجابة الجرعة، ولكن يوجد بيانات غير كافية لتقرير الجرعات المختلفة للأشخاص الذين تعرضوا لها. النتيجة هي صورة مشوشة، لا اعتبار فيها باعتراضات مثل اعتراضات بيركسون ونيمان وفيشر.

ابتعدنا في دراسات تحليلات أمراض الأوبئة عن دقة

بيرتراند راسل والمضمون المادي. تستمد حالياً المسببات والنتائج من عدة تحريات غير كاملة للسكان. فالعلاقات هنا إحصائية، تظهر فيها التغيرات في المتغيرات التوزيعية على أنها ذات علاقة لمسببات معينة. يتوقع أن يدمج الملاحظون المعتدلون عدداً كبيراً من الدراسات الناقصة لرؤية الخطوط الضمنية الشائعة.

تحيز المنشورات

ماذا لو تم مسبقاً اختيار الدراسات؟ ماذا لو كان كل ما هو متوفر للملاحظ عبارة عن مجموعة ثانوية من الدراسات المنتشرة تم اختيارها بدقة؟ ماذا لو كان وراء كل دراسة إيجابية تم نشرها دراسة سلبية تم إخمادها؟ وبعد كل هذا، لم تحظ كل الدراسات بالنشر. وبعضها لم تكتب بسبب عدم رغبة الباحثين في إتمام العمل. ورفض رؤساء تحرير المجلات بعضها لأنها لم تناسب نظم المجلة. وغالباً، وعلى وجه الأخص عند وجود خلاف أو جدل مصاحب للموضوع، فمن الأسهل على رؤساء التحرير نشر المقبول للمجتمع العلمي ورفض غير المقبول.

كانت هذه إحدى اتهامات فيشر. فقد ادعى خضوع أعمال هيل ودول الأولى للرقابة. حاول لعدة سنوات أن يستخلص البيانات المفصلة من الكتاب ليدعم النتائج النهائية. ولكنهم نشروا فقط الملخصات، بينما أوضح فيشر أن في داخل هذه الملخصات تضارباً غير ملحوظ موجود فعلاً في البيانات.

وأشار كيف أنه في بداية دراسة هيل ودول، قام بسؤال المؤلفين عما إذا كان يستنشق المرضى المدخنون الدخان أثناء تدخينهم. وعندما تم تنظيم البيانات بين «مدخنين مستنشقين وغير مستنشقين»، ظهر أن غير المستنشقين هم الذين لديهم زيادة في الإصابة بسرطان الرئة. ويبدو أن إصابة المستنشقين بسرطان الرئة أقل. وعزا هيل ودول هذا إلى احتمالية سوء فهم السؤال. سخر فيشر من هذا وتساءل عن سبب عدم نشرهما النتائج الحقيقية لدراستهما: بأن التدخين مضر للجميع، ولكن إذا كان لابد منه، فمن الأفضل أن تستنشق الدخان بدلاً من عدم استنشاقه.

أثار ترك هيل ودول السؤال بعيداً في تحرياتهما عندما أجريا الدراسة المستقبلية على الأطباء في القسم الطبي اشمئزاز فيشر. ما هو الشيء الآخر الذي تم اختياره بدقة؟ أراد فيشر معرفة ذلك. كان مذعوراً من أن يستغل نفوذ وثروة الحكومة في نشر الخوف بين المواطنين. ولم يجد في هذا اختلافاً عندما استخدم النازيون الإشاعات لكسب الرأي العام.

حل فيشر

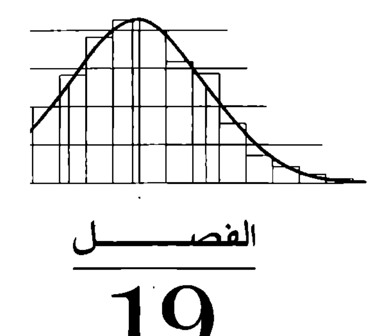
تأثر فيشر بمناقشة بيرتراند راسل للمسببات والنتائج، ولاحظ أن المضمون المادي غير ملائم لوصف معظم النتائج العلمية. كتب مطولاً عن طبيعة الأفكار الاستقرائية واقترح بأنه من الممكن استنتاج بعض أمور الحياة بشكل عام على أسس

أبحاث معينة، مع اتباع تصميم مبادئ التجارب الجيدة. أوضح أن أسلوب التجارب، الذي يتم فيه تحديد معالجة الموضوع بشكل عشوائي، قدم أسساً منطقية ورياضية ثابتة للاستقراء الاستدلالي.

استخدم علماء الأمراض الأدوات التي طورها فيشر لتحليل التجارب المصممة، مثل أساليبه في الحساب واختبارات الدلالة. طبقوا هذه الأدوات على العينة الاختيارية، والتي لا يكون تعيين العلاج فيها تبعاً لميكانيكية عشوائية خارجة عن الدراسة ولكن كجزء معقد من الدراسة نفسها. افترض وجود عوامل جينية تجعل من بعض الناس مدخنين وآخرين غير مدخنين. ولنفترض مسبقاً أن نزعة العوامل الجينية هذه نفسها أثرت في الإصابة بسرطان الرئة. أصبح معروفاً أن كثيراً من أنواع السرطان تتعلق بعوامل عائلية. فلنفرض، قال فيشر، أن العلاقة بين التدخين والإصابة بسرطان الرئة عائدة للظروف نفسها، وللنزعة الجينية نفسها. جمع بيانات لإثبات حالته على توائم متطابقة وأوضح أن هناك قابلية قوية في العائلة لكل التوائم بأن يكونوا مدخنين أو غير مدخنين. وتحدى الآخرين ليوضحوا عدم تأثر سرطان الرئة جينياً كذلك.

كان يوجد من طرف فيشر العبقري سريع الغضب الذي وضع نظرية التوزيع الإحصائي بأكملها بقالب رياضي متين، خائضاً تجربته الأخيرة، ونجد في الطرف الآخر كورنفيلد، الرجل الذي كانت درجته العلمية الأخيرة بكالوريوس في

التاريخ، والذي تعلم الإحصاء بنفسه، وكان منشغلاً باستنباطه إحصائيات جديدة وذات أهمية لمتابعة درجة عليا في تعليمه. يصعب إثبات أي أمر من غير تصميم عشوائي للتجارب، ولكن تثبت الدلائل المتراكمة الحالة. هكذا قال كورنفيلد. مات الرجلان وما تزال سلالتهما ذات الفكر الجيد معنا. دوى صدى هذه المناقشات في المحاكم مع محاولات إثبات الفوارق في أساسيات النتائج. كان لهما دور في محاولات معرفة النتائج المؤذية للأنشطة البشرية في المحيط الحيوي. فهما بيننا كلما طرحت قضايا حياة أو موت في المجال الطبي. وليس من السهل في النهاية تحقيق مفهوم المسببات والنتائج.



الفصل

19

لاختيار الشخص الأفضل...

غادر جورج و. سنيدكور George W. Snedecor في نهاية صيف سنة 1926، جامعة كنتاكي University of Kentucky، بعد أن تلقى شهادة الدكتوراه في الرياضيات. جمع حاجياته في حقيبة صغيرة، وغادر بسيارته إلى جامعة إيوا University of Iowa، حيث سمع عن حاجتهم لأستاذ مساعد في الرياضيات. لم يكن يعرف ولسوء حظه شيئاً عن جغرافية إيوا، فوجد نفسه في أيمس Ames، إيوا، حيث توجد جامعة ولاية أيوا Iowa State University، بدلاً من مدينة إيوا حيث توجد جامعة أيوا University of Iowa. أخبروه في أيمس بعدم حاجتهم لأستاذ رياضيات، لأنها كانت كلية زراعة، وكان بعض العاملين لديهم يهتمون بكل ما يحتاجونه من الرياضيات. كما كان يقرأ مهندسو الزراعة لديهم أبحاث ر.آ. فيشر، في إنجلترا،

وأحبوا أن يتبنوا أساليبه الجديدة. لقد حوت هذه الأبحاث على كثير من المادة الرياضية، وبإمكانهم الاستعانة بأخد لمساعدتهم على فهمها.

استقر سنيدكور Snedecor في أيمس لدراسة التطورات الجديدة ولإنشاء مختبر إحصائي، علما أن تحصيله العلمي في الرياضيات لم يشمل النظرية الاحتمالية. أسس أخيراً قسماً للإحصاء كان أول قسم أكاديمي في الولايات المتحدة. درس أبحاث فيشر وراجع أعمال بيرسون مثل، «الطالب» وأعمال إيدجورث Edgeworth ويتيس Yates وفون مايزس Von Mises وغيرهم. فلم ينجز سنيدكور حقيقة الكثير من الأبحاث الأصلية، بل كان يستنبط من أبحاث غيره. أصدر سنة 1930 كتاباً منهجياً، الأساليب الإحصائية Statistical Methods، كان في البداية منسوخاً ونشره أخيراً سنة 1940، فأصبح الكتاب المعتمد عليه في هذا المجال. كما طوّر في كتاب فيشر الأساليب الإحصائية لعاملي البحوث، بإضافة الاشتقاقات الرياضية الأساسية، وضم الأفكار المتشابهة معاً، وأضاف مجموعة خارجية من الجداول تسهل حساب قيم p، ومراحل الثقة بأقل مجهود ممكن. وفي سنة 1970، أوضحت الإحصائيات عن أكثر المقالات العلمية المنشورة في كل الجوانب العلمية، أن كتاب سنيدكور الأساليب الإحصائية هو من أكثر الكتب التي يُرجع إليها.

كان سنيدكور رجل إدارة فعالاً. دعا الشخصيات المهمة في مجال الأبحاث الإحصائية لقضاء الصيف في أيمس. زاره

فيشر سنة 1930 وأمضى معه عدة أسابيع في كل زيارة، يحاضر ويقدم الاستشارة. أصبح المختبر الإحصائي وقسم الإحصاء في جامعة أيمس، إيوا، من أحد المراكز الهامة للأبحاث الإحصائية في العالم. شملت قائمة الرجال والنساء الذين قاموا بزيارة الأساتذة في أيمس خلال فترة ما قبل الحرب العالمية الثانية معظم من تميز في هذا المجال.

قدمت خلال تلك الفترة، غرترود كوكس Gertrude Cox للدراسة في ولاية إيوا. كانت تحلم لتصبح مبشرة وتنقذ الأرواح في الأراضي النائية. كرست حياتها ولفترة سبع سنوات بعد الثانوية، من أجل العمل الخيري في الكنيسة المنهجية. ولكنها كانت تحتاج إلى شهادة جامعية من أجل الحملة التبشيرية التي كانت من أهم اهتماماتها. أقنعها سنيدكور بأن دراسة الإحصاء أكثر متعة، فمكثت للعمل معه في المختبر الإحصائي بعد تخرجها. تلقت درجة الماجستير الأولى في الإحصاء سنة 1931، منحتها لها جامعة ولاية إيوا، ووظفها سنيدكور لتدرس في قسمه. أصبحت مهتمة بشكل خاص بنظريات فيشر لتصميم التجارب، ودرست المواد الأولى لتصميم التجارب في أيمس. وجد سنيدكور لها مكاناً في برنامج التخرج لعلم النفس في جامعة كاليفورنيا، وهناك أكملت دراستها لمدة سنتين. عادت إلى أيمس وقد تلقت شهادة الدكتوراه، وعهد إليها سنيدكور مهام المختبر الإحصائي.

استمر تدفق الإحصائيين البارزين من خلال جامعة أيمس،

إيوا. توقف وليام كوشران William Cochran لفترة من أجل تعيينه في الكلية. انضم لغرترود كوكس في تعليم دورات تصميم التجارب (هناك الآن الكثير من هذه الدورات) وكتبا معاً سنة 1950 كتاباً منهجياً حول هذا الموضوع، بعنوان التصاميم التجريبية Experimental Designs. ومثل أساليب سنيدكور الإحصائية، يتعامل كتاب كوشران وكوكس: التصاميم التجريبية، مع القارئ بنفس أسلوب كتاب سنيدكور: الأساليب الإحصائية، من خلال خلفية رياضية متينة. ويضم مجموعة مفيدة من الجداول تسهل على الباحث تعديل التصميم في حالات معينة كما في تحليل النتائج. و ينشر فهرس الاستشهادات العلمية لائحة من الاستشهادات من المجلات العلمية كل سنة. وتتم طباعة الفهرس بالخط الصغير مع تنظيم الاستشهادات في خمسة أعمدة؛ ويأخذ عادة كتاب كوشران وكوكس عموداً بأكمله كل سنة على الأقل.

المساهمات النسائية

لابد أن لاحظ القارئ أن علماء الإحصاء الذين تحدثنا عنهم إلى الآن، كانوا رجالاً باستثناء فلورنس نايتنغيل ديفيد. كانت السنوات الأولى من التطور الإحصائي تحت سيطرة الرجال. عمل كثير من النساء في هذا المجال، ولكن كان معظم عملهن في الحسابات التفصيلية اللازمة للتحليلات الإحصائية، مما كان يُعرف بـ «الحاسبات الآليات». كن يقمن

بالعمل مستخدمات الحسابات اليدوية لإتمام الحسابات الكبيرة، وكان يُعهد هذا العمل المضجر للسيدات. فالنساء أكثر صبراً والتزاماً، كما جرى الاعتقاد، ويمكن الاعتماد عليهن في تدقيق الحسابات أكثر من الرجال. نرى بيرسون في صورة نموذجية لمختبر غالتون البيومتريكي تحت إدارته، نراه يتجول مع مجموعة من الرجال، يبحثون في نتائج الحسابات أو يناقشون آراء رياضية عميقة، وحولهم مجموعة من النساء يقمن بالعمليات الحسابية.

بدأ الوضع يتغير في القرن العشرين. كان جيرزي نيمان على وجه الخصوص، عوناً ومشجعاً للكثير من النساء، يشرف على رسائلهن في تحضير الدكتوراه، ويقوم بنشر الأبحاث بالاشتراك معهن وبإيجاد مناصب لهن في المجتمع التعليمي. في سنة 1990، وعندما حضرتُ الاجتماعات الوطنية للمجتمعات الإحصائية، كان معظم الحاضرين من النساء. وتبرز السيدات في الجمعية الأمريكية الإحصائية، والمجتمع البيومتريكي والمجتمع الملكي الإحصائي، ومعهد الإحصاءات الرياضية، ولكنهن ورغم ذلك، لم يتساوين بعد مع الرجال. 30٪ من المقالات المنشورة في المجلات الإحصائية فيها كاتبة أو أكثر، و 13٪ من أعضاء المجتمع الأمريكي للإحصاء الذين تم تكريمهم كأعضاء كن من النساء. فهذا التباين في تغيير مستمر. أثبت النصف النسائي من البشرية في السنوات الأخيرة من القرن العشرين، أنهن قادرات على الأعمال الرياضية العظيمة.

ولم يكن الوضع هكذا سنة 1940، عندما التقى جورج سنيدكور بفرانك غراهام Frank Graham، رئيس جامعة نورث كارولاينا. جلسا معاً في عربة القطار، وكان لديهما الكثير من المواضيع ليتحدثا فيها. سمع غراهام بعض الشيء عن الثورة الإحصائية، فرد عليه سنيدكور وأخبره عن التطورات العظيمة التي تمت في الأبحاث الزراعية والكيميائية باستخدام النماذج الإحصائية. اندهش غراهام لمعرفة أن القسم المزدهر الوحيد للإحصاء في الولايات المتحدة كان في ولاية إيوا. طور سام ويلكس Sam Wilks من جامعة برينستون University of Princeton، مجموعة من الإحصائيين الرياضيين، ولكنه كان قسماً تابعاً لقسم الرياضيات. وحدث هناك وضع مشابه في جامعة ميتشيغان University of Michigan مع هنري كارفر Henry Carver[1] فكر غراهام طويلاً في ما تعلمه في رحلة القطار.

بعد بضعة أسابيع اتصل غراهام بسنيدكور. لقد قام بإقناع

(1) كان هنري كارفر (1890–1977) الرائد الفريد لتطورات الرياضيات الإحصائية كمادة أكاديمية لها احترامها الخاص. وكان مرشداً لعشر رسائل دكتوراه تم ترشيحها في جامعة ميتشيغان من سنة 1921 حتى 1941. كانت كل المواضيع حول الإحصاء الرياضي. أنشأ سنة 1930 مجلة السجلات السنوية للإحصاء الرياضي، وساعد سنة 1938 في إنشاء المعهد الإحصائي الرياضي، كمنظمة تعليمية ترعى تلك السجلات السنوية. وسنتحدث عن تطور تلك السجلات السنوية لتصبح مجلة مرموقة في الفصل العشرين.

جامعة ولاية نورث كارولاينا North Carolina State University في رالي Raleigh، بأن الوقت قد حان لإنشاء مختبر إحصائي، وبالتالي قسم للإحصاء شبيه بالذي في أيمس. هل بإمكان سنيدكور أن يرشح رجلاً ليرأس القسم؟ جلس سنيدكور وكتب لائحة من عشرة رجال ممن اعتقد انهم مناسبون. دعا غرترود كوكس Gertrude Cox لمراجعة لائحته وسألها عن رأيها. نظرت فيها وسألت، «ما تظن بي؟».



غرترود كوكس، 1900 ـ 1978

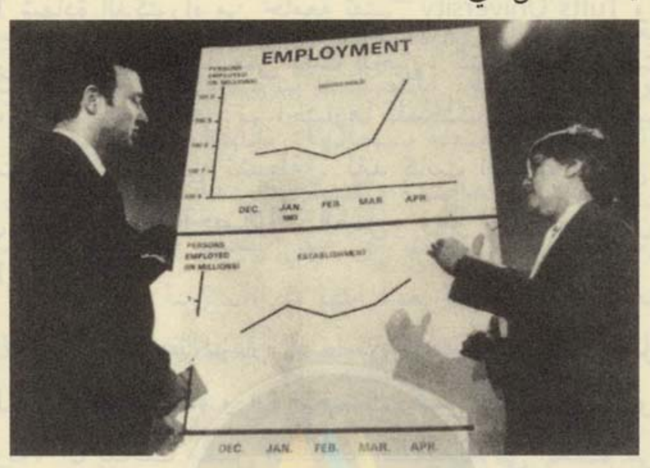
أضاف سنيدكور سطراً إضافياً للائحته: «هؤلاء هم الرجال العشرة الذين اعتقد بأنهم الأفضل. ولكن إذا أردتم الشخص الأفضل، فإني أرشح غرترود كوكس».

اتضح لاحقاً أن غرترود كوكس إدارية متميزة إضافة لكونها عالمة في حقل التجارب ومعلمة رائعةً. أنشأت كلية فيها من الإحصائيين المعروفين، والذين كانوا أيضاً أساتذة رائعين. وتسلم طلابها مراكز أساسية في المجال الصناعي والتعليمي والحكومي، وكان جميعهم يعاملونها باحترام ومحبة. التقيت بها في اجتماع للجمعية الأمريكية الإحصائية، فوجدت نفسي أجلس مقابل سيدة صغيرة الحجم هادئة، وكبيرة في السن. تشع عيناها عندما تتحدث بالطموح الذي بداخلها، وكانت تمهد للمواضيع الخاضعة للنقاش سواء كانت نظرية أم تشمل تطبيقات عملية. كانت تعليقاتها تنم عن الحكمة الممتعة مع المداعبة. لم أكن أعلم أنها تعاني من سرطان الدم، الذي سيقضي على حياتها قريباً. تكفل طلبتها بعد موتها برعاية سباق طرق على شرفها، وقاموا بالاستثمار من أجل بعثات باسمها، وذلك كل ضيف في مكان الاجتماع التقليدي للمجتمعات الإحصائية.

أصبح مركز كوكس للإحصاء التطبيقي بحلول سنة 1946 ناجحاً جداً لدرجة تمكن فيها فرانك غراهام من إنشاء قسم إحصاء رياضي في جامعة نورث كارولاينا في تشابل هيل Chapel Hill، وآخر للإحصاء الحيوي بعد ذلك بقليل. وأصبح «المثلث» المؤلف من ولاية شمال كارولاينا، وجامعة نورث كارولاينا، وجامعة ديوك Duke University، مركزاً للأبحاث الإحصائية، منتجاً شركات بحث خاصة تعتمد على خبرات هذه المدارس. صغّر العلم الذي صنعته غرترود كوكس من حجم اكتشافات أستاذها، جورج سنيدكور.

تطور المؤشرات الاقتصادية

لعبت المرأة دوراً هاماً في العناصر الإحصائية في حكومة أمريكا، وخدمت في عدة مراكز عالية في مكتب إحصاء السكان، ومكتب إحصائيات العمل وإحصائيات المركز الوطني الصحي ومكتب الإدارة والميزانية. كانت جانيت نوروود Janet Norwood من أعلاهن مركزاً، والتي تقاعدت كمندوبة لمكتب إحصائيات العمل في سنة 1991.



جانيت نوروود (يميناً) كمندوبة مكتب العمالة الإحصائي

كانت نوروود تدرس في كلية دوغلاس Douglass College، القسم النسائي لجامعة رتغرس Rutgers University في نيو برنسويك New Brunswick، نيوجيرسي New Jersey عندما دخلت الولايات المتحدة الحرب العالمية الثانية. وكان صديقها بيرنارد نوروود Bernard Norwood مغادراً للحرب،

فقررا الزواج. كانت في التاسعة عشرة من عمرها وكان هو في العشرين. لم يغادر في الحال، فتمكنا من البقاء سوية لفترة. شكل هذا الزواج مشكلة للمحيط المحافظ في كلية دوغلاس، فلم يكن لديهم طلبة متزوجون من قبل. هل ستشمل القوانين التي تتعلق بالزوار من الرجال جانيت وزوجها يا ترى ؟ هل ستحتاج إلى إذن من والديها لتغادر سكن الطلبة وتذهب إلى مدينة نيويورك لتراه؟ فكانت تجربتها مثلا يحتذى به. تلقت سنة 1949 شهادة الدكتوراه من جامعة تفتس Tufts University وكانت أصغر من حصل عليها حتى ذلك الحين. كتبت تقول «كنت من وقت لآخر الأولى التي تم اختيارها للمكتب العالي للتنظيم في الوقت الذي كنت فيه نشيطة». لقد كانت السيدة الأولى التي أطلق عليها مندوبة إحصائيات العمل، وهو مركز تولته من سنة 1979 إلى 1991.

ربما لم تلاحظ الإدارة جيداً من كان يتولى هذا المركز سنة 1979. كان من عادة وزارة العمل وقبل أن تصبح نوروود مندوبة، أن يبحث ممثل السياسة التنفيذية في القسم في كل المجلات الناقدة للإصدارات الصحافية المعدة عن طريق مكتب العمالة الإحصائي. أخبرت نوروود ممثل القسم بعدم الترحيب به في هذه الاجتماعات بعد الآن. كانت تؤمن بوجوب دقة وعدم تحزّب المعلومات الاقتصادية الصادرة من المكتب. سعت لأن تكون أنشطة المكتب بمعزل تماماً عن أقل احتمال للتأثير السياسي.

وجدتُ من الضروري أن توضح رغبتك في الاستقالة على

مبدأ ما إذا كانت القضية هامة بشكل كاف. . . في حكومة فيها من الاستقلالية بحيث يمكنك أن تجزم بها وتصر حولها. . . وليس من السهل الحصول على الاستقلالية في الحكومة. كيف يمكنك مثلاً أن تتحمل أوضاع عليك فيها أن تصحّح رئيس الولايات المتحدة الأمريكية؟ لقد فعلنا ذلك.

تلقى كل من جانيت وزوجها شهادة الدكتوراه في الاقتصاد. لم تعمل خارج منزلها في بداية حياتهما الزوجية، خاصة عندما كان زوجها منهمكاً في الإعداد لمعاهدة للسوق الأوروبية المشتركة، فانهمكت بتربية ولديها ولكنها كتبت مقالات لتبقى مرتبطة بمجالها. بدأت جانيت نوروود بعد استقرار العائلة بالعاصمة واشنطن، وذهاب ابنهما الثاني إلى المدرسة الابتدائية، تبحث عن عمل يمكنها من البقاء في منزلها فترة بعد الظهر، عندما يعود ابنها من المدرسة. وتحقق لها مثل هذا المنصب في المكتب الإحصائي للعمال، يمكنها هناك أن تنظم أوقات عملها، بحيث تبقى في منزلها فترة بعد الظهر ثلاث مرات في الأسبوع.

قد يبدو مكتب العمالة الإحصائي كمكتب ثانوي بوزارة العمل، لكونه فرعاً حكومياً نادراً ما يصنع الأخبار. ولا يمكن مقارنة ما يجري في هذا المكتب بالمتعة الموجودة في البيت الأبيض أو وزارة الخارجية. لكنه على كل حال، مكتب أساسي في الحكومة. يجب أن تدار الحكومة بالمعلومات. اكتشف الرجل الذكي الشاب وزوجته، اللذان أتيا إلى واشنطن أثناء

النظام الجديد، أن السياسة لا تُصنع من غير معلومات هامة عن حالة الاقتصاد الوطني، ولم تكن مثل هذه المعلومات الهامة متوفرة. والفكرة الهامة للنظام الجديد تكونت من إنشاء نظام يقدم مثل هذه المعلومات.

تنحصر مهام مكتب العمالة الإحصائي، بترشيد المخططات اللازمة لإصدار مثل هذه المعلومات، أو بتحليل البيانات المتراكمة من أقسام أخرى، مثل مكتب إحصاء السكان. التحقت جانيت نوروود بإحصائيات العمال في سنة 1963. ترقت بقدوم سنة 1970 لتصبح مسؤولة عن مؤشر أسعار المستهلكين CPI. ويُستخدم هذا المؤشر كدليل لمدفوعات التأمينات الاجتماعية، ويتابع التضخم المالي، ويُعدّل معظم التحويلات المالية من الفدرالية إلى ولاية الحكومة. انشغل مكتب العمالة الإحصائي سنة 1978 بفحص أساسي للـ C PI خططت له و أشرفت عليه جانيت نوروود.

يشمل الـ CPI وغيره من الإدارات التي كانت تشرف جانيت نوروود عليها، نماذج رياضية معقدة، مع متغيرات سرية نسبياً تلائم مفهوم النماذج الاقتصادية، ولكن غالباً ما تكون صعبة الشرح لشخص ينقصه التدريب في الجانب الرياضي من الاقتصاد.

غالباً ما ترد نشرات الـ CPI في الجرائد ككشوف، كارتفاع التضخم المالي بنسبة 0,2 في الشهر الماضي مثلاً. وهي

مجموعة معقدة من الأرقام، توضح التغيرات في نماذج الأسعار لمختلف القطاعات الاقتصادية وفي عدة مناطق في الدولة. تبدأ بمفهوم سلة السوق. وقبل تجميع سلة السوق، تؤخذ عينات من التقارير لتحدد مشتريات العائلة وأوقاتها. وتحسب الترجيحات الرياضية لتضع في حسابها أن العائلة قد تشتري الخبز كل أسبوع، ولكنها قد تشتري سيارة كل عدة سنوات، ومنزلاً في فترة أطول بكثير.

وعندما يتم تجميع سلة السوق والترجيحات الرياضية، يتم إرسال الموظفين إلى محلات تجارية تم اختيارها عشوائياً، يقومون بتدوين الأسعار الحالية للمواد المدونة في قائمتهم. ويتم ربط الأسعار المسجلة تبعاً للمعادلات الرياضية الترجيحية، وبعدها يحسب الرقم الإجمالي، وبمعنى آخر، معدل تكلفة المعيشة لعائلة بعدد أفراد محدد في ذلك الشهر.

لا يصعب فهم فكرة المؤشر لوصف النموذج المتوسط لبعض الأنشطة الاقتصادية. بل إن محاولة إنشاء مثل هذا المؤشر أكثر صعوبة. كيف يمكننا أن ندخل في الاعتبار ظهور المنتجات الجديدة (مثل الكمبيوتر المنزلي) في السوق؟ وكيف يمكننا أن نضع في الحسبان احتمالية اختيار المستهلك منتجاً آخر مشابها، إذا كان السعر مرتفعاً (مثل اختيار اللبن بدلاً من القشدة)؟ إن الـ CPI وغيره من القياسات المستخدمة في الاقتصاد الوطني عرضة دائماً لفحص ثان. أشرفت جانيت نوروود على الفحص النهائي الأساسي للـ CPI، ولكن سيكون هناك المزيد في المستقبل.

ليس الـ CPI بالمؤشر الوحيد لصحة الاقتصاد الوطني. هناك مؤشرات أخرى مستحدثة لتغطية الأنشطة التصنيعية، وقوائم الجرد والنماذج التفصيلية للموظفين. وهناك أيضاً مؤشرات اجتماعية، وتقديرات بعدد السجناء، وكل المتغيرات المصاحبة بكل الأنشطة غير الاقتصادية. وكلها بالتأكيد، بمفهوم كارل بيرسون، هي أجزاء من التوزيعات الاحتمالية، والنماذج الرياضية، والتي لا تصف فيها المتغيرات حوادث معينة ملحوظة بل هي «أجزاء» تغطي نموذج من الوقائع الملحوظة. وبهذه الطريقة فلا توجد عائلة في الولايات المتحدة تكون تكاليفها الشهرية مساوية للـ CPI، كما لا تستطيع نسبة البطالة وصف الرقم الحقيقي للعاطلين عن العمل، والتي تتغير كل ساعة. فمن هو، لهذا السبب، «العاطل عن العمل»؟ هل هو شخص لم يتوظف أبداً ولا يبحث عن عمل؟ وهل هو شخص ينتقل من وظيفة إلى أخرى مع انقطاع عن العمل لخمسة أسابيع وراتب متقطع؟ أم هو شخص يبحث عن بضع ساعات من العمل في الأسبوع؟ فعالم النماذج الاقتصادية مليء بالإجابات التحكمية لمثل هذه الأسئلة، ويشمل عدداً كبيراً من المتغيرات التي لا نستطيع مراقبتها بدقة والتي تتداخل مع بعضها البعض.

لا يوجد لدينا ر.آ. فيشر ليحقق المعايير المثلى في التحول في المؤشرات الاجتماعية والاقتصادية. فنحاول في كل حالة أن نقلل من التداخلات المعقدة بين الأفراد إلى مجموعات صغيرة من الأرقام، ونتخذ القرارات التحكمية. تم اعتبار أرباب الأسر

(غالباً من الرجال) في الإحصائية الأولى للبطالة في الولايات المتحدة. وتشمل الحسابات الحالية للبطالة كل من كان يبحث عن عمل في الشهر الماضي. كان على جانيت نوروود، أثناء مراجعتها للإجمالي الأساسي لـ CPI أن توفق بين الآراء المختلفة حول التعريفات الاعتباطية المتشابهة، وستظل هناك الانتقادات الصريحة التي تعترض لبعض هذه التعريفات دائماً.

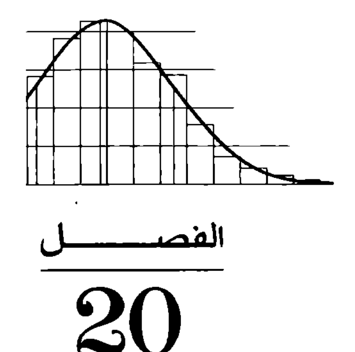
النساء في الإحصائيات النظرية

غرترود كوكس وجانيت نوروود، السيدتان اللتان تحدثنا عنهما في هذا الفصل، كانتا في المقام الأول مديرتين وأستاذتين. لقد لعبت المرأة دوراً كبيراً أيضاً في تطور الإحصاء النظري في نهاية النصف الثاني من القرن العشرين. فلنتذكر ل.هـ.س. تيبت في الخط المقارب للنهاية القصوى والذي استخدمناه لتوقع «فيضانات المئة سنة» المذكورة في الفصل السادس. وللنسخة المعدلة من ذلك التوزيع، والتي تعرف بـ«توزيع وايبل Weibull distribution»، استخدامات هامة في صناعة الطيران. وهناك مشكلة وحيدة في توزيع وايبل أنه لا يتماشى مع الشروط الانتظامية لفيشر، ولا يوجد هناك طرق أفضل لحساب متغيراتها. ولم يكن هناك طريقة أفضل إلى أن اكتشفت نانسي مان Nancy Mann في روكويل Rockwell بأمريكا الشمالية حلقة الوصل بين توزيع وايبل وتوزيع آخر أكثر سهولة، وطورت الأساليب التي أصبحت تستخدم الآن في هذا المجال.

أخذت غريس وهبا Grace Wahba من جامعة وسكونسن University of Wisconsin مجموعة من أساليب شتى للتسوية الإحصائية، تدعى «الشرائح التوفيقية»، وأوجدت تركيبة نظرية تسيطر الآن على التحليلات الإحصائية للشرائح.

كانت إيفون بيشوب Yvonne Bishop عضوا في اللجنة الإحصائية والعلوم الطبية التي كانت تحاول في نهاية سنة 1960 أن تحدد ما إذا كان الاستعمال المنتشر لعقار الهالوثين Halothane هو السبب في زيادة فشل وظيفة الكبد بين المرضى. تم دحض التحليلات لأن معظم البيانات كانت على شكل تقديرات أو اعتبارات للأحداث. أجريت خلال السنوات العشر السابقة، محاولات لتنظيم جداول معقدة متعددة الأبعاد للتقديرات مثل التي في دراسة الهالوثين، ولكن لم تنجح أي واحدة منها تحديداً. اقترح عاملون سابقون في هذا المجال استخدام هذه الجداول بطريقة تشبه تحليلات فيشر للمتغيرات، ولكن كان العمل غير تام. استلمتها بيشوب وفحصت التفرعات النظرية، منشئة معايير وتفسيرات للحساب. وبتعديل التقنية في دراسة الهالوثين، نشرت كتاباً تعريفياً «نماذج اللوغريتمات المستوية» كما أصبح يطلق على هذه الطريقة، وأصبحت الخطوة الأولى المعروفة في معظم الدراسات الاجتماعية.

صار «الشخص الأفضل» مراراً، ومنذ أيام سنيدكور وكوكس، من بنات حواء.



الفصل

20

كان مجرد شاب بسيط من تكساس

كانت الأبحاث الرياضية في نهاية العشرينات ـ وعندما غادر ساموپل س. ويلكس Samuel S. Wilks مزرعة عائلته في تكساس للدراسة في جامعة إيوا ـ تقيس تأثير الأفكار التجريدية الجميلة. كانت حقول تجريدية صافية كرموز منطقية، ونظرية المجموعات وحدود الطوبولوجيا، ونظرية الأعداد الموغلة تنتشر بقوة في الجامعات. صار مستوى التجريد عظيماً لدرجة يضيع فيها كل إيحاء من مشاكل الحياة الحقيقية الذي قد يثير الأفكار الأولية في هذه المجالات. انغمس علماء الرياضيات في البديهيات التي أشار إليها اليوناني اقليدس Euclid على أنها أساسيات الرياضيات؛ ووجدوا فرضيات غير مثبتة خلف تلك البديهيات. فقاموا بتنقية الرياضيات من مثل هذه الفرضيات، باحثين في أساسيات البناء الرياضي من الأفكار

المنطقية، وتوغلوا بشكل واضح كما يبدو في الأفكار المتناقضة ذاتياً، مثل المنحنيات الفراغية والأشكال ذات الأبعاد الثلاثة التي كان لها أثر، ولم يكن لها أثر في آن واحد في كل مكان. بحثوا أيضاً في ترتيب اللانهاية، وفي «الفراغات» مع الأبعاد الكسرية . لقد كانت الرياضيات في أوج الموجة الشاملة من الفكر التجريدي المثير، بعيداً تماماً عن أي حس واقعي.

لم يصل المسار التجريدي إلى أبعد الحدود عملياً مثل ما كان عليه بأقسام الجامعات الأمريكية. كانت المطبوعات الرياضية للمجتمع الرياضي الأمريكي في الصف الأول من بين المجلات الرياضية العالمية، واندفع علماء الرياضيات الأمريكيون نحو حدود الأفكار التجريدية. وبعد عدة سنوات أظهر سام ويلكس حزنه، لقد أصبحت هذه الأقسام، تنذر فرص الفكر النقي، وتتخلص من أفضل عقول الخريجين الأمريكيين.

تخرج سام ويلكس من الدورة الرياضية الأولى في إيوا، وكان أستاذه ر.إ. مور R.I. Moore، الأستاذ الأكثر شهرة في كلية الرياضيات في الجامعة. أدخلت دورة مور في الطوبولوجيا ويلكس للعالم الرائع من التجريد غير العملي. أوضح مور ازدراءه للعمل النافع، وأصر هلى أن الرياضيات التطبيقية هي في مستوى غسل الصحون وتنظيف الطرقات. ومثل هذا السلوك كان طعناً في الرياضيات منذ زمن اليونانيين القدامى. هناك قصة تروى عن اقليدس وهو يدرّس إبن أحد النبلاء، قام بمراجعة

برهان رائع بشكل واضح لإحدى النظريات. وبالرغم من طموح اقليدس، إلا أن طلبته لم يتأثروا وتساءلوا عن أهمية ذلك البرهان. وإضافة إلى ذلك نادى اقليدس خادمه وقال: «أعط الشاب قطعة نحاسية. يبدو أنه يجب عليه أن يكتسب من علومه».

أرغمت المشرفة على رسالته، إيفيريت ف. لنكويست Everett F. Linquist، سام ويلكس للرضوخ للتطبيقات العملية، عندما كان يبحث عن موضوع لرسالة الدكتوراه في إيوا. كانت لينكويست التي كانت تعمل في رياضيات التأمين، مهتمة في المجال الجديد المتطور من الإحصاء الرياضي، وعرضت مشكلة من ذلك المجال على ويلكس. ولم تكن سمعة الإحصاء الرياضي في ذلك الوقت بالجيدة، على الأقل بين الأقسام الرياضية في الجامعات الإنجليزية والأمريكية. كانت أعمال ر.آ فيشر الرائدة والعظيمة تنشر في المجلات « المتطرفة» مثل مجلة المعاملات الفلسفية للمجتمع الملكي في إيدنبيرغ Philosophical Transactions of the Royal Society of Edinburgh. وكان يُقلل من شأن مجلتي المجتمع الإحصائي الملكي والبيومتريكا، لأنها مطبوعات تظهر الأرقام الإحصائية في جداول. قام هنري كارفر Henry Carver من جامعة ميتشيغان بتأسيس مجلة جديدة بعنوان سجلات الإحصاء الرياضي، ولكنها كانت دون المستوى لمعظم الرياضيين ليهتموا بها. اقترح لينكويست مسألة مثيرة في الرياضيات التجريدية والتي نشأت من نظرية قياسات تستخدم في

علم النفس التعليمي. قام ويلكس بحل هذه المسألة واستخدمها في رسالة الدكتوراه، ونشرت النتائج في مجلة علم النفس التعليمي.

لم يكن هذا الأمر بالإنجاز العظيم لعلماء الرياضيات البحتة. وكان مجال علم النفس التعليمي تحت مستوى اهتماماتهم. ولكن من المفترض لرسالة الدكتوراه أن تكون الخطوة التجريبية الأولى في عالم البحث، ولا يُتوقع إلا لقليل من الطلاب أن يحققوا إنجازات هامة في رسالاتهم. ذهب ويلكس إلى جامعة كولومبيا لقضاء سنة قبل التخرج (في الدورة التي كان من المتوقع فيها أن يزيد من قدرته على التعامل مع الأفكار التجريدية النقية للرياضيات الهامة). وصل في خريف سنة 1933 إلى جامعة برينستون، بعد أن تولى منصب أستاذ رياضيات.

الإحصاء في برينستون

كان قسم الرياضيات في جامعة برينستون منغماً كغيره من أقسام الجامعات الأمريكية في التجريديات الرزينة والجميلة. سيتم في سنة 1939 إنشاء معهد الدراسات العليا بالجوار، ومن بين أعضائه جوزيف هـ.م. ويدربورن H.M. Wedderburn، الذي طور الفكرة العامة بأكملها للمجموعات الرياضية المتناهية. وكان في المعهد أيضاً هيرمان ويل Hermann Weyl، الذي اشتهر بعمله في الفراغات التي لا أبعاد لها، وكورت غودل

Kurt Godel الذي طور علم الجبر. كان لهؤلاء الرجال أثر في كلية برينستون، والتي لها نصيبها من علماء الرياضيات المشهورين عالمياً، ومن الرواد بينهم سولومن ليفشتز Solomon Lefshetz الذي فتح الأبواب للحقل التجريدي الجديد من الطوبولوجيا الجبرية[1].

كان سام ويلكس محظوظاً لكون لوثر آيزنهارت Luther Eisenhart رئيساً لقسم الرياضيات في كلية برينستون، بالرغم من الميل العام تجاه التجريد. اهتم آيزنهارت في كل أنواع المساعي الرياضية وشجع أعضاء الكلية الجدد لاتباع ميولهم. وظف آيزنهارت ويلكس لاعتقاده بمستقبل هذا الحقل الجديد من الإحصاء الرياضي. وصل سام ويلكس إلى برينستون مع زوجته، متتبعاً رؤية ما في الرياضيات التطبيقية أبعدته عن بقية أعضاء القسم. كان ويلكس محارباً رقيقاً. كان يسترضي الجميع بسلوكه «الشعبي» لشاب قروي من تكساس، وكان مهتماً بالناس كأشخاص بحد ذاتهم وباستطاعته إقناع الآخرين باتباع آرائه. تميّز في تنظيم أنشطة العمل من أجل تحقيق أهداف صعبة.

غالباً ما كان ويلكس يصل إلى لب المسألة، وسرعان ما يجد لها حلاً بينما ما يزال الآخرون يحاولون فهم السؤال. لقد

(1) كان هناك شخص آخر في المعهد يدعى آلبرت أينشتاين Albert Einstein. ولكنه كان عالم فيزياء، وبما أن إنجازاته كانت أكثر تعقيداً من دور «تنظيف الطرقات»، كانت أعماله ملطخة بشدة بالتطبيقات من «الحياة الحقيقية».

كان جاداً ونشيطاً في عمله وأقنع الآخرين ليعملوا بجدية مثله. صار محرراً لمجلة سجلات الإحصاء الرياضي بعد وصوله إلى برينستون بقليل، وهي المجلة التي ابتدأها هنري كارفر. رفع ويلكس من مستوى نشر المجلة، واستقدم طلابه المتخرجين للعمل في تحريرها. أقنع جون تاكي John Tukey العضو الجديد في الكلية الذي له اهتمامات أولية بالرياضيات التجريدية، بأن ينضم إليه في البحث الإحصائي. وتبنى سلسلة متعاقبة من الخريجين الذين خرجوا لإنشاء، أو تجهيز الأقسام الإحصائية الجديدة في عدة جامعات بعد الحرب العالمية الثانية.

قادت رسالة ويلكس الأولى في علم النفس التعليمي إلى أن يعمل في خدمات الفحوص التعليمية، وساعد هناك في تشكيل مراحل نماذج الاختبارات وفي تقنية وضع العلامات لاختبار دخول الكلية، كذلك في الاختبارات التعليمية التخصصية الدقيقة. حدد عمله النظري الدرجة التي قد تختلف فيها الرسوم البيانية الهامة للدرجات مع إعطاء نتائج مشابهة. كان على اتصال بوالتر شوهارت Walter Shewhart[2]، في

(2) تقوم اليوم معظم أقسام مراقبة الجودة في الصناعة باستخدام جداول شوهارت لمتابعة الاختلافات في الإنتاج. واسم شوهارت هو مثال جزئي لقانون ستيغل في تزييف التسمية. لقد اتضح أن التركيبة الرياضية الحقيقية لجدول شوهارت تم تقديمها مسبقاً من قبل غويست (الطالب) وقد نراها في الكتب المدرسية القديمة ل جورج أدني يول George Udny Yule. ولكن شوهارت أوضح طريقة تطبيق هذه التقنية على مراقبة الجودة ونشرها كعلم منهجي فعال.

مختبرات الاتصالات الهاتفية، الذي بدأ بتطبيق نظريات فيشر في تصميم التجارب على رقابة الجودة الصناعية.

الإحصاء وجهود الحرب

تركزت بقدوم الأربعينيات، معظم أعمال ويلكس الهامة على تقديم استشاراته لمكتب أبحاث البحرية Office of Naval Research (ONR في واشنطن. كان ويلكس مقتنعاً أن بإمكان أساليب التصميم التجريبي أن تحسن الأسلحة، ونظام القتال في القوات البحرية، ووجد آذاناً صاغية في الـ ONR. وبدخول الولايات المتحدة الحرب العالمية الثانية، أصبحت القوات العسكرية والبحرية مستعدتين لتطبيق الأساليب الإحصائية في النسخة الأمريكية لبحث العمليات. أعد ويلكس مجموعة الأبحاث الإحصائية-برينستون Statistical Research Group-Princeton (SRG-P تحت لواء أبحاث الدفاع الوطني. جند الـSRG-P بعض الشبان اللامعين في الرياضيات والإحصاء، كان الكثير منهم حقق إنجازات ضخمة للعلوم في السنوات التي تلي الحرب. وشمل ذلك جون تاكي (الذي انتقل كلياً للتطبيقات العلمية)، وفريدريك موستللر (الذي يستمر في إنشائه عدة أقسام للإحصاء في هارفرد)، وثيودور و. أندرسون Theodore W. Anderson (الذي أصبح كتابه المنهجي عن الإحصاء بأشكاله المتعددة بمثابة الإنجيل)، وأليكساندر موود Alexander Mood (الذي احدث تطورات أساسية في نظرية التطورات الاتفاقية)، وتشارلز وينسور Charles Winsor (الذي وهب اسمه لصف

بأكمله للأساليب الحسابية)، وغيرهم.

يصف ريتشارد أندرسون، Richard Anderson، الذي كان يعمل في ذلك الوقت كخريج مع SRG-P ، المحاولات التي بُذلت من أجل إيجاد أساليب للقضاء على الألغام الأرضية. علم الجيش الأمريكي باقتراب الغزو الياباني، وأن اليابانيين طوروا ألغاماً أرضية لامعدنية بشكل لا يمكن اكتشافها بالوسائل المعروفة. قاموا بزرع تلك الألغام بنماذج عشوائية حول الشاطئ الياباني، وعلى طول كل طرق الغزو الممكنة. كانت ضحايا الأموات تقدر بمئات الألوف من هذه الألغام فقط. فكان من الضروري جداً إيجاد طريقة للقضاء عليها. فشلت محاولات إسقاط القنابل من الطائرات على تلك الألغام في أوروبة. استعد أندرسون وغيره من مجموعة SRG-P لتصميم وإعداد التجارب في استخدام صفوف من الحبال المتفجرة للقضاء على الألغام. ومن أحد أسباب إسقاط القنبلة الذرية على اليابان، حسب أندرسون، أن كل الحسابات والتجارب التي أجروها أوضحت أنه من المستحيل تفجير مثل هذه الألغام بمثل هذه الوسائل.

عملت المجموعة حول فعالية فتائل المفرقعات المتقاربة في القذائف المضادة للطائرات. ترسل فتائل المفرقعات المتقاربة إشارات رادار، وتنفجر عند اقترابها من الهدف. ساعدت المجموعة في تطوير بداية القنابل الذكية التي يمكن توجيهها نحو الهدف. عملوا في أجهزة تعيين المدى وفي عدة أنواع من المتفجرات. وجد أعضاء الـ SRG-P أنفسهم يقومون بتصميم

التجارب وتحليل البيانات في مختبرات المعدات الحربية وبالتسهيلات العسكرية والبحرية في كل أنحاء الدولة. ساعد ويلكس بتنظيم مجموعة ثانية، تدعى مجموعة البحث الإحصائي برينستون، الصغرى SRG-Pjr، في جامعة كولومبيا. وأصدرت الـ SRG-Pjr «التحليلات المتوالية». يعتبر هذا كوسيلة تعديل لتصميم التجارب التي مازالت قائمة. شملت التعديلات التي أجريت بالتحليلات المتوالية، المعالجات الفعلية الخاضعة للتجارب. قد يحدث أحياناً، حتى في التجارب التي تم تصميمها بدقة، أن تفترض النتائج المتداخلة بضرورة تغيير التصميم الأصلي لإنتاج نتائج تامة ونهائية. تسمح المادة الرياضية في التحليلات المتوالية للعلماء، بمعرفة التعديلات الممكنة وغير الممكنة، من غير أن تؤثر على صلاحية النتائج.

اعتبرت الدراسات الأولية في التحليلات المتوالية أنها سرية، ولم يسمح بنشر شيء للإحصائيين العاملين عليها ولبضع سنوات بعد انتهاء الحرب. وعند ظهور الأبحاث الأولى عن «التحليلات المتوالية»، وابنة عمها «الحسابات المتوالية» في سنة 1950 أدهش الأسلوب أذهان الآخرين، وحدث تطور سريع في هذا المجال. تستخدم اليوم الأساليب المتوالية للتحليلات الإحصائية في رقابة الجودة الصناعية، وكذلك في الأبحاث الطبية وعلم الاجتماع.

كانت التحليلات المتوالية، أحد الابتكارات التي صدرت من مجموعة البحث الإحصائية، خلال الحرب العالمية الثانية.

استمر ويلكس بعد الحرب في العمل مع القوات العسكرية، يساعدهم في تطوير رقابة الجودة لمعداتهم، باستخدام الأساليب الإحصائية في تطوير التخطيط للاحتياجات المستقبلية، وباستخدام الأساليب الإحصائية في كل جوانب المفاهيم العسكرية. كان ويلكس ينتقد علماء الرياضيات الذين استمروا في بقائهم في العالم التجريدي الخالص لعدم وطنيتهم. شعر بحاجة الدولة للمقدرة العقلية التي اهدروها في هذه التجريديات غير النافعة بقصد ما. كان من الضروري تطبيق المقدرة العقلية، في البداية في مجهودات الحرب ومن ثم في الحرب الباردة.

لم يغضب أحد قط من ساموبل س. ويلكس. كان يقدم على كل من تعامل معه، سواء كان خريجاً جديداً أو جنرالاً في الجيش بأربع نجوم، بنفس طريقته العفوية. كانت فيه سمات الرجل المزارع من تكساس، كثير التلميح، ويعلم أن هناك الكثير ليتعلمه، وكان يتساءل... سيتبع ذلك تحليلات منطقية ودقيقة للمسألة المطروحة.

الإحصاء التجريدي

حاول سام ويلكس جاهداً أن يجعل الإحصاء الرياضي جزءاً له أهميته في الرياضيات من جهة، وكوسيلة تطبيقية مفيدة أيضاً. حاول إبعاد أساتذة الرياضيات عن جو التجريد الجاف لحد ذاته. هناك بالتأكيد جمال أساسي في التجريد الرياضي، الذي جذب الفيلسوف اليوناني بلاتو Plato، فصرح بعدها أن

كل الأشياء التي نراها ونلمسها هي، في الحقيقة مجرد خيالات للحقيقة الأصلية والأشياء الحقيقية، وهذه لا يمكن أن نجدها إلا من خلال المنطق البحت. لم يكن هناك قيمة لمعرفة بلاتو بالرياضيات، واتضح أن كثيراً من الرياضيات اليونانية البحتة كانت غير تامة. ولكن الجمال الذي يمكن اكتشافه بالمنطق البحت استمر في جذب العقول.

أصبحت المقالات التي ظهرت في الأحداث(3)، وفي البيومتريكا أكثر تجريداً منذ الفترة التي كان فيها ويلكس محرراً لمجلة سجلات الإحصاء الرياضي. وانطبق هذا أيضاً على المقالات في مجلة الجمعية الأمريكية الإحصائية (والتي كانت أعدادها الأولى مكرسة لوصف برامج الحكومة الإحصائية) ومجلة المجتمع الإحصائي الملكي (والتي احتوت أعدادها الأولى على مقالات مبينة الإحصائيات الزراعية، والاقتصادية المفصّلة من خلال الإمبراطورية البريطانية).

تم توضيح نظريات الإحصاء الرياضي، التي كان يعتقد علماء الرياضيات أنها كانت تغوص في مسائل عملية مشوشة، ومن ثم تطويقها بالجمال الرياضي. وحّد آبراهام والد العمل في النظرية الحسابية عن طريق اختراع تعميم تجريدي عالٍ عرف بـ«نظرية القرار»، تُقدم فيها محتويات نظرية مختلفة المقاييس،

(3) في بداية الثمانينات، سبّب التطوّر السريع في النظرية الإحصائية في تقسيم السجلات إلى مجلتين، سجلات الإحصاء وسجلات الاحتمالية.

مختلفة للحساب. واستفدنا من عمل ر.آ.فيشر على تصميم التجارب في استخدام النظريات من مجموعة نظريات محدودة، وفتحت طرقاً رائعة للنظر في المقارنة للحلول المختلفة. وظهر من هنا فرع جديد للرياضيات أُطلق عليه «تصميم التجارب»، ولكن غالباً ما كانت الأبحاث المنشورة في هذا المجال، تتعامل مع تجارب معقدة لا يستطيع أي عالم متمرس أن يستخدمها.

أصبحت أخيراً ـ وباستمرار الآخرين بفحص الأعمال الأولى لأندريه كولموغوروف ـ مفاهيم الفراغات الاحتمالية والاتفاقية المرحلية أكثر توحيداً ولكن أكثر تجريداً. صارت الأبحاث المنشورة في الستينيات وفي المجلات الإحصائية، تتعرض للمجموعات غير المحدودة عن طريق فرض وحدات غير محدودة، ومقاطع مُشكّلةً «حقول سيغما» لمجموعات ـ لها حقول سيغما متداخلة بحقول سيغما ـ تلتقي سلسلة الخطوات غير المحدودة الناتجة في نقطة اللانهاية، وتندفع المراحل الاتفاقية مع الوقت إلى مجموعات صغيرة مترابطة من الحالات قُدّر لها أن تدور إلى نهاية الزمن. إن الإيمان بالبعث والجزاء في الإحصائيات الرياضية أمر معقد، بقدر تعقيد الإيمان بالآخرة في أي دين، أو أكثر. إضافة إلى أن نتائج الإحصاء الرياضية ليست فقط حقيقية بل من الممكن إثبات صحتها، خلافاً للحقائق الدينية.

استيقظ الإحصائيون الرياضيون في الثمانينات، لملاحظة أن مجالهم أصبح بعيداً عن المسائل الحقيقية. ولسد الحاجة

إلى التطبيق، بدأت الجامعات بإنشاء أقسام للإحصاء الحيوي، وأقسام لعلم الأوبئة، وأقسام للإحصاء التطبيقي. وأُجريت المحاولات لتصحيح ما انكسر من المواد الموحدة. كرست اجتماعات جمعية الإحصاء الرياضية اهتمامها بالمسائل «العملية». خصصت مجلة الجمعية الإحصائية الأمريكية قسماً خاصاً في كل عدد للتعرض للتطبيقات. أُطلق على إحدى المجلات الثلاث للمجتمع الملكي الإحصائي، الإحصاء التطبيقي[4]. واستمرت النداءات الجذابة نحو التجريد. قدم المجتمع البيومتريكي الذي أُنشئ في الخمسينات، مجلة أسماها بيومتريكس، تقوم بنشر الأبحاث التطبيقية التي لم تعد مرغوبة في البيومتريكا. أصبحت البيومتريكس في الثمانينات تجريدية في محتوياتها مقارنة بغيرها من المجلات، مثل الإحصاء في الطب التي تم إنشاؤها لسد الحاجة للأبحاث التطبيقية.

أضاعت الأقسام الرياضية في الجامعات الأمريكية

(4) انقسمت بُعيد الحرب العالمية الثانية مجلة المجتمع الإحصائي الملكي إلى ثلاث مجلات، أُطلق عليها في البداية JRSS السلسلة أ، وج ر س س السلسلة ب، JRSS السلسلة ت. والسلسلة ت أطلق عليها في النهاية الإحصاء التطبيقي. حاول المجتمع الإحصائي الملكي إبقاء السلسلة أ لمعالجة القضايا العامة التي تؤثر في الاقتصاد والحكومة. والسلسلة ب كانت إحصاءً رياضياً، بكل ما يمكن أن نجد فيها من تجريد. لقد كان من الصعب الحفاظ على تطبيقات الإحصاء التطبيقي، وفي كل عدد كانت هناك مقالات تكون «تطبيقاتها» صعبة المنال، وتبدو كأنها موجودة فقط لتُبرّر تطور آخر في جوهرة رياضية جميلة، ولكنها مجردة.

والأوروبية الركب، عند ظهور الإحصاء الرياضي على الساحة. قامت عدة جامعات ـ وبقيادة ويلكس لهذا الركب ـ بتطوير أقسام إحصائية منفصلة. وأضاعت الأقسام الرياضية الركب مرة أخرى بوصول الكمبيوتر الرقمي، بسبب ازدرائها له لكونه مجرد آلة لإجراء الحسابات الهندسية. نهضت أقسام منفصلة في علم الكمبيوتر، بعضها تم إبعاده من الأقسام الهندسية، وبعضها أبعد من الأقسام الإحصائية. تضمنت الثورة التالية الكبيرة، الأفكار الرياضية الجديدة التي كانت في الثمانينات في التطور الحيوي الجزئي. سنرى في الفصل الثامن والعشرين كيف أضاعت الأقسام الرياضية والإحصائية الركب بعينه.

توفي ساموئيل س. ويلكس عن عمر يناهز الثامنة والخمسين في سنة 1964. كان لتلاميذه الكثيرين دور أساسي في تطوير الإحصاء في السنوات الخمسين السابقة. ويتم تكريم ذكراه من قبل الجمعية الأمريكية الإحصائية بتقديم الميدالية السنوية باسم س.س. ويلكس لمن يوافق مقاييس ويلكس في إبداعه الرياضي وانشغاله في «العالم الحقيقي». لقد ترك الشاب المزارع من تكساس القديمة بصمته.

الفصل

21

عبقري في العائلة

شهد الربع الأول من القرن العشرين هجرة ضخمة، من شرق وجنوب أوروبة إلى إنجلترا والولايات المتحدة وأستراليا وجنوب أفريقية. كان معظم ملايين المهاجرين من الطبقات الفقيرة في بلادهم، يبحثون عن فرص اقتصادية، والحرية من حكامهم المستبدين والحكومات الفوضوية. استقر كثير منهم في أحياء قذرة لفقراء المدن الكبيرة، وكان على أطفالهم أن يخرجوا من هذا الفساد السياسي عن طريق عصا التعليم السحرية. أثبت بعض هؤلاء الأطفال نجاحاً واضحاً، بل كان بعضهم من العباقرة. هذه قصة اثنين من هؤلاء الأطفال المهاجرين، تلقى أحدهما شهادة الدكتوراه، وشهادتي دكتوراه علمية، بينما ترك الآخر الثانوية العامة في الرابعة عشرة من عمره.

أ.ج غود I.J. Good

لم يحب موزيز غوداك Moses Godack القيصر، أو سيطرته على بولندا حيث وُلد. كما لم يكن لديه رغبة أن يلتحق بالتجنيد الإلزامي في جيش القيصر على وجه الخصوص. ذهب وهو ابن سبع عشرة سنة إلى الغرب مع صديق له يشاطره الفكر. كان لديهما خمس وثلاثون روبية وقطعة جبن كبيرة. لم يكن لديهما تذاكر لركوب القطار، فناموا تحت مقاعد القطار واستخدموا الجبن لرشوة ساعي التذاكر. وصل غوداك إلى منطقة حي اليهود الفقيرة في وايتشابل Whitechapel، بلندن. لم يكن لديه سوى إقدامه وصحته البدنية. فتح محلاً لصناعة الساعات، إذ كان قد تعلم هذه الصنعة بمراقبته صانعي الساعات من نافذة العرض، أثناء عملهم (حيث الإضاءة أفضل). أصبح مهتماً بالأحجار القديمة ذات النقش البارز، وأخيرا فتح محلاً بالقرب من المتحف البريطاني المتخصص بالمجوهرات الأثرية (مستلفاً من زوجته المستقبلية). كان الرجل الذي استأجره لكتابة اسم محله الجديد على النافذة ثملاً، فلم يتمكن من كتابة غوداك بشكل صحيح، لذلك أصبح اسم المحل «ركن غود للأحجار الكريمة Good's Cameo Corner»، وأصبح اسم العائلة غود.

ولد ابن موزيز غوداك، أ.ج. غود، في لندن في 9 ديسمبر/كانون الأول سنة 1916. لقد أطلقوا عليه في البداية اسم أيسدور Isidore. شعر الشاب أيسدور غود بالحرج من الصور المعلقة في كل أنحاء المدينة تعلن عن مسرحية باسم

الفاضل أيسدور. ومن ذلك اليوم، عرف باسم جاك، ونشر كتبه وأبحاثه باسم أ.ج.غود.

يذكر جاك غود في مقابلة مع ديڤيد بانكس David Banks سنة 1933، عندما كان في التاسعة من عمره، اكتشف الأرقام وأصبح بارعاً في الحساب الذهني. ثم أصيب بالدفتيريا وكان عليه أن يبقى في سريره. قامت إحدى أخواته الكبار بتعليمه كيفية استخراج الجذر التربيعي. كان آنذاك استخراج الجذر التربيعي جزءاً من المنهج المدرسي بعد تعليم الطلبة القسمة الطويلة. كان يشمل سلسلة من عمليات التنصيف والتربيع تعرض على الورقة بطريقة مشابهة للقسمة الطويلة.

بدأ وبسبب مكوثه في سريره باستخراج الجذر التربيعي للعدد 2 في ذهنه. اكتشف أن العملية استمرت في الغموض، وعند تربيعه للإجابة الجزئية كان تربيع الإجابة أقل قليلاً من العدد 2. استمر في فحص الأرقام المتداخلة، باحثاً عن مثال يحتذى، ولكنه لم يتمكن من إيجاده. فكّر في العملية على أنها فرق بين تربيع وضعف تربيع آخر، لذا يمكن إظهارها على أنها نسبة بين عددين فقط بوجود النموذج أو المثال. اكتشف جاك غود البالغ من العمر عشر سنوات، أثناء استلقائه في سريره باستخدام ذهنه فقط، عدم منطقية الجذر التربيعي للعدد 2. وجد أثناء تلك المرحلة حلاً لمسألة ديوفانتين Diophantine المعروفة بـ «معادلة بل Pell's equation». ورغم أن الأخوين فيثاغورث اكتشفا عدم منطقية الجذر التربيعي للعدد 2 في العصر

اليوناني القديم، وأنه تم إيجاد حل معادلة بل في القرن السادس عشر، إلا أن ذلك لا يقلل من الإنجاز الواضح للحساب الذهني لطفل في العاشرة من عمره.

يقول جاك غود متأملاً في مقابلة سنة 1933، «لم يكن اكتشافاً سيئاً الذي وصفه هاردي Hardy (عالم رياضيات نشيط في العشرينات والثلاثينات) كإنجاز عظيم لعلماء الرياضيات اليونانيين القدامى. وكوني كنت مسبوقاً بالرجال العظام أمر مألوف بالنسبة لي الآن، ولكنه لم يكن عادياً من قبل 2500 سنة».

التحق غود بمدرسة أسكي لبائعي الخردة Haberdashers' Aske's School[1] في هامستد Hampstead، وهو ابن اثنتي عشرة سنة. وهي مدرسة ثانوية للأولاد الذين يحملون شعار «اخدم وأطع». كانت تقدم الطعام للأطفال العاملين في المحلات، وكان لديها مقاييس صارمة. استطاع فقط نسبة 10٪ من طلابها أن يصلوا إلى «الصفوف العليا»، المستوى الأعلى، وأكمل ستة من هؤلاء فقط تعليمهم الجامعي. تعلم غود ابتداءً على يد أستاذ اسمه السيد

(1) إن مدرسة أسكي لبائعي الخردة هي إحدى المدارس السبع التي أنشأتها مؤسسة بائعي الخردة، وهي نقابة للصناع وأصحاب الحرف (أنشئت سنة 1448). توفي روبرت أسكي Robert Aske الرئيس القديم للمؤسسة سنة 1689، تاركاً وراءه إرثاً بوصية (تم تنفيذه من قبل المؤسسة إلى يومنا هذا) من أجل إنشاء مدرسة لعشرين من أبناء بائعي الخردة الفقراء. وهي اليوم مدرسة ناجحة جداً فيها 1300 طالب. وتبقى الصلة مع المؤسسة من خلال الهيكل الإداري، والتي نصف أعضائها، بالإضافة إلى رؤساء اللجنة، هم أعضاء في المؤسسة.

سمارت Mr. Smart. كان السيد سمارت يكتب مجموعة من أسئلة التمارين على اللوح المدرسي؛ كان بعضها شديد الصعوبة. كان يعلم أن التلاميذ سيستغرقون وقتاً طويلاً لحلها، بينما كان يقضي وقته في إنجاز أعماله على مكتبه. وفي أثناء كتابته للسؤال الأخير، يصرح الشاب أ.ج. غود، «لقد انتهيت». «هل تقصد السؤال الأول؟» يسأله السيد سمارت بقليل من الدهشة. «لا»، يجيب جاك. «بل كل الأسئلة».

أولع غود بكتب الأحاجي الرياضية، ولكنه كان يفضل النظر إلى الإجابات أولاً، ومن ثم يبحث عن طريقة يستمدها من الأحجية ليستخرج الجواب المفترض. كان ينظر عند مواجهته بمسألة تتضمن عدة احتمالات، إلى الإجابة ويلاحظ أنه كان بالإمكان الوصول إلى الإجابة بحسابات مملة، ولكنه ينخدع باحتمالية شمول الإجابة. اكتشف وبفعله ذلك، مبدأ الاستقراء الرياضي. كان غود في تقدم. كان هذا اكتشافاً قام به علماء رياضيات قدامى منذ 300 سنة.

التحق غود بجامعة كامبردج وهو في التاسعة عشرة من عمره. سبقته سمعته كطفل عبقري في الرياضيات. واكتشف هناك الكثير من الطلبة كانوا بمثل ذكائه. كان أستاذه لمادة الرياضيات في جامعة جيساس Jesus College، في كامبردج، يستمتع في تقديم البراهين التي رتبت على درجة من الخداع الرياضي، تُطمَس تماماً فيها الأفكار البديهية الكامنة خلف البراهين. ولزيادة صعوبة الأمر، يقوم الأستاذ بتقديم البراهين

بسرعة يصعب على التلاميذ نقلها عن اللوح المدرسي، عندما يمسح السطور الأولى ليبدأ السطور الجديدة. تفوق غود في كامبردج، جاذباً أنظار بعض أساتذة الرياضيات المرموقين. حصل على الدكتوراه في الرياضيات عام 1941. كانت رسالته تناقش المفهوم الطوبولوجي للبعد الجزئي، الذي كانَ توسع في الأفكار التي طورها هنري ليبيسغ Henri Lebesgue (تذكر ليبيسغ الذي أعجبت أعماله جيرزي نيمان، والذي كان بنفس الوقت فظاً معه عندما قابله).

كانت الحرب دائرة، وأصبح جاك غود خبيراً بالشيفرة في مختبرات بلتشلي بارك Bletchley Park، بالقرب من لندن، في الوقت الذي أجريت فيه المحاولات لاختراق رموز الشيفرات السرية الألمانية. وتتكون الشيفرة السرية من مجموعة حروف تُحوّل إلى سلسلة من الأرقام والرموز. أصبحت هذه الرموز معقدة جداً بقدوم سنة 1940، مع نموذج التحويل المتغير لكل حرف. فلنفترض على سبيل المثال، أننا نريد أن نشفر الرسالة «بدأت الحرب». أحد الطرق تكون بتعيين رقم لكل حرف، وتصبح الشيفرة كالتالي: «12 06 14 09 06 23 11 19 20 01 13». وسيظهر في الشفرة تكرار الرقم 06 نستنتج مِن هذا، تكرار، لنفس الحرف. وبرسالة أطول، وبمعرفة بالتكرار الإحصائي للحروف المختلفة في لغة التشفير، بالإضافة إلى تخمينات صحيحة، يستطيع المشفر تفسير مثل هذه الرسالة بظرف ساعات عدة.

طور الألمان آلة خلال السنوات الأخيرة من الحرب العالمية الأولى غيرت الرمز الشيفري لكل الحروف. قد نشفر الحرف الأول بالرقم 12، ولكن قبل تشفير الحرف التالي، تقوم الآلة باختيار رمز شفري مختلف تماماً، لذلك قد يتم إعطاء الحرف الثاني رمزاً آخر مثل الرقم 14، مع تغيير في الحرف التالي، وهكذا. وينبغي على متلقي الرسالة فهم هذا النوع من الرموز الشيفرية، لذلك يجب أن تكون هناك درجة من الانتظام للطريقة التي تغير فيها الآلة بين الرموز. ويصبح بإمكان خبير الشيفرات أن ينظر إلى النماذج الإحصائية ويقدر طبيعة الانتظام أو التناسق ويحل الرمز الشيفري بهذه الطريقة. ممكن تصعيب المهمة على خبير الشيفرات: بمجرد تغيير الرموز الأولية بخطة محكمة، من الممكن تغيير الخطة بأخرى أكثر إحكاماً، وبذلك يصبح تحليل الشيفرة أكثر صعوبة.

من الممكن تمثيل كل هذا بنموذج رياضي يشبه نماذج التسلسل البيزوني الهرمي في الفصل الثالث عشر. يمكن لنموذج التغيير في كل مستويات التشفير أن يمثّل بالمتغيرات؛ وبذلك تكون لدينا قضية المقاسات، الأرقام الأولية في الرسالة المشفرة والمشاهدة، المتغيرات التي تصف المستوى الأول في التشفير، وفوق المتغيرات التي تصف التغيرات في هذه المتغيرات، وفوق فوق المتغيرات التي تصف المتغيرات في هذه المتغيرات وهكذا. وأخيرا وحيث إنه يجب على المتلقي فك رموز الشيفرة، يجب أن يكون هناك مستوىً أخير في التسلسل

تكون فيه المتغيرات ثابتة وغير متغيرة، وبالتالي فإن مثل هذه الشيفرات قابلة للفك نظرياً.

من إحدى إنجازات أ.ج.غود الأساسية، كان في الإسهام الذي قام به لتطوير أساليب بايز التجريبية والتسلسلية، والتي أخذها من أعمال قام بها في بلتشلي. خرج من تجاربه في وقت الحرب باهتمام كبير للنظريات الأساسية للإحصاء الرياضي. قام بالتدريس لفترة في جامعة مانشستر، ولكن الحكومة البريطانية أغرته للعمل مجدداً في الاستخبارات، وهناك أصبح شخصاً هاماً في استخدامه للكمبيوتر في التعامل مع المسائل التي تتعلق بتحليل الشيفرات. قادته قوة الكمبيوتر في فحص الأرقام والمجموعات الضخمة إلى البحث في نظرية التصنيف، وهناك يتم تنظيم الوحدات الملحوظة بهيئة تعريفات مختلفة من «التقارب».

حصل غود أثناء عمله مع الاستخبارات البريطانية على شهادتين عاليتين، دكتوراه علوم من كامبردج ودكتوراه علوم من أوكسفورد. قدم إلى الولايات المتحدة في 1967، بعد أن استلم منصباً كبروفيسور جامعي له شأنه في معهد فيرجينيا للفنون المتعددة وظل هناك إلى أن تقاعد سنة 1994.

كانت المصادفة الواضحة الظاهرة في الأرقام تثير اهتمام غود. «وصلت إلى بلاكسبيرغ (فيرجينيا) Blacksburg (Virginia في الساعة السابعة من اليوم السابع من الشهر السابع من السنة السابعة في العقد السابع، وسكنت في الشقة السابعة في المبنى

السابع. . . كل ذلك بمحض الصدفة». واستمر يقول « لدي فكرة نصف مختمرة هي أن الإله يعطي المصادفات كلما ازدادت شكوك الإنسان في حدوثها، ولذلك يزود الفرد بالدلائل من غير أن يجبره على الاعتقاد». قادته هذه الرؤية للمصادفة، للعمل في نظرية الحسابات الإحصائية. لأن العين البشرية قادرة على رؤية نماذج لأرقام عشوائية بحتة، إلى أي درجة، قال سائلاً، يعني النموذج الواضح شيئاً؟ قام ذهن غود بالتحقق من المعنى الضمني للأساليب المستخدمة في الإحصاء الرياضي، وشهدت أبحاثه وكتبه ازدياد الفلسفة فيها.

بيرسي دياكونس

كان ينتظر بيرسي دياكونس مستقبلاً مختلفاً تماماً، ولد لأبوين يونانيين من المهاجرين في مدينة نيويورك، في 31 كانون الثاني/ يناير من سنة 1945. كان بيرسي مثل أ. ج. غود، مولعاً بالأحاجي الرياضية. بينما قرأ غود كتب هـ. إ. دادني H.E. Dudeney، التي كانت أحاجيها الرياضية تسلية للشعب الإنجليزي الفيكتوري، قام دياكونس بقراءة « التسالي الرياضية» في عمود مارتن غاردنر Martin Gardner في المجلة العلمية الأمريكية. ثم قابل دياكونس مارتن غاردنر أخيرا أثناء وجوده في الثانوية. كان عمود غاردنر في المجلة يحتوي على الخدع في لعبة الورق، وأساليب جعل الأشياء تبدو مختلفة، وأثارت هذه الأمور دياكونس، خاصة عندما تتعلق بالمسائل المعقدة في الاحتمالية.

كان بيرسي دياكونس متأثراً بلعبة الورق والخدع لدرجة

ترك فيها منزله وهو في الرابعة عشرة من عمره، فكان يمارس ألعاب الخفة وهو في الخامسة من عمره. كان يتردد على المحال والمطاعم التي يتجمع فيها السحرة. وفي أحد المقاهي التقى بديا فيرنون Dia Vernon، الذي كان يتنقل بعروضه في أنحاء الولايات المتحدة. قام فيرنون بدعوة بيرسي لمرافقته في عرضه كمساعد له. «لقد سعدت بهذه الفرصة»، يروي دياكونس. «لقد ذهبت من غير تردد. لم أخبر والدي؛ فقط غادرت هكذا».

كان فيرنون في الستينات آنذاك. سافر دياكونس معه لمدة سنتين متعلماً من ذخيرة خدع فيرنون وحيله. وبعدها ترك فيرنون الشوارع وفتح محلاً للألعاب السحرية في لوس أنجلوس، واستمر دياكونس بالعروض السحرية المتنقلة خاصته. كان يجد الناس صعوبة في لفظ اسمه، لذلك استخدم اسم بيرسي وارن كاسم فني. يروي قائلا:

> ليست هذه الحياة مع نوع كهذا العمل بالرائعة، ولكن لا بأس بها. يشاهدك أحدهم وتعجبه فيقول لك، «ما أروعك، هل فكرت بالذهاب إلى بوسطن قط؟... سأتحمل تذكرتك ومئتي دولار». . . ومن ثم تذهب إلى بوسطن... وتقيم في مكان للعرض والمنامة. وقد تفعل ذلك يوماً ويأتيك عميل آخر يعرض عليك عملاً آخر وأنت مازلت في عملك، وهكذا يستمر الأمر.

عاد بيرسي دياكونس في الرابعة والعشرين من عمره، إلى

نيويورك، بعد أن تعب من لعبة التنقل والسحر. لم يكن لديه شهادة ثانوية. كان متقدماً في دراسته المدرسية، لم يكن لديه عندما ترك المدرسة في الرابعة عشرة من عمره سوى أقل من سنة لإنهاء تعليمه الثانوي. التحق قبل أن يستلم شهادته ببرنامج الدراسات الشامل في كلية مدينة نيويورك City College of New York CCNY. اكتشف بعد غيابه الطويل عن المنزل مجموعة هائلة من الرسائل تنتظره من الجيش ومن عدة معاهد فنية وجامعات. كانت كلها رسائل رسمية تدعوه للالتحاق بها، واستفتحت جميعها بـ «عزيزي الخرّيج». اتضح لاحقاً أنه أثناء هروبه من منزله ومدرسته، قرر أساتذته أن يلحقوه بالخريجين في جميع الأحوال، مع إعطائه درجات نهائية للمواد التي أخذها، والتي تلائمه للتخرج. فأصبح بيرسي الشاب رسمياً خريج ثانوية جورج واشنطن بنيويورك ومن غير معرفته بذلك.

التحق بعدها بالجامعة لسبب غريب. كان قد اشترى نسخة من كتاب التخرج المدرسي عن النظرية الاحتمالية، الذي كتبه وليام فيللر William Feller من جامعة برينستون. وجد صعوبة في فهمه (كغيره من الذين حاولوا أن يشقوا طريقهم من خلال المقدمة الصعبة التي كتبها فيلر عن النظرية الاحتمالية وتطبيقاتها، العدد الأول[2]). التحق دياكونس بـ جامعة CCNY من أجل تعلم منهج

(2) هناك عنصرٌ خاطئ في عناوين الكتب المدرسية الرياضية. وغالباً ما يطلق على الكتب صعبة المقدمة إلى. . . أو النظرية الأولية لـ . . . صعوبة كتاب فيشر متضاعفة، لأنه ليس إلا «مقدمة» وعدد أول فقط.

الرياضيات لفهم فيلر. وفي سنة 1971، وعن عمر يناهز السادسة والعشرين، تلقى شهادته الجامعية من جامعة CCNY.

قبلته عدة جامعات للدراسات العليا في الرياضيات. أخبروه أن أحداً من خريجي CCNY لم يتمكن من الالتحاق بقسم الرياضيات في جامعة هارفرد (وهذا غير صحيح)، فقرر أن يتقدم لقسم الإحصاء في الجامعة بدلاً من الرياضيات. كان يريد الذهاب إلى هارفرد واعتقد، كما أخبرنا لاحقاً، بأنه إذا لم يحب مادة الإحصاء، «حسناً سأحول إلى الرياضيات أو ما شابه. سيلاحظون بأنني بارع..». وسيوافقون على التحويل. لم يكن مهتماً بالإحصاء؛ وتلقى شهادة الدكتوراه في الإحصاء الرياضي سنة 1974 ثم استلم منصباً في جامعة ستانفورد، وهناك ترقى ليصبح بروفيسوراً كاملا. وهو لحين كتابة هذا الكتاب، بروفيسور في جامعة هارفرد.

أعاد الكمبيوتر تنظيم طبيعة التحليل الإحصائي تماماً. كان الكمبيوتر يستخدم لعمل نفس التحليلات التي قام بها فيشر وييتس وغيرهما، ولكن بسرعة ونشاط أكثر. فلنذكر (الفصل السابع عشر) والصعوبة التي عانى منها جيري كورنفيلد عندما كان من الضروري عكس مصفوفة 24 × 24. بإمكان الكمبيوتر الموجود على مكتبي اليوم عكس مصفوفات بقيمة 100 × 100 (وبالرغم من أن كل من تعترضه مثل هذه الحالة يكون قد أخطأ في التعرف على المسألة من البداية). ممكن استعمال المصفوفات التي تُنَظّم بحالة سيئة لتعطي معكوسات عامة،

وكان هذا مبدأً نظرياً بحتاً منذ الخمسينات. من الممكن إجراء تحليلات المتغيرات الكبيرة والمعقدة على بيانات تنتج من تصاميم التجارب التي تتضمن معالجات كثيرة، وجلب للمعلومات من مصادر عدة. يتضمن هذا النوع من الجهد النماذج الرياضية والمفاهيم الإحصائية التي تعود إلى عهد العشرينات والثلاثينات. هل يمكننا يا ترى استخدام الكمبيوتر لأغراض أخرى؟

التحق دياكونس في السبعينات وفي جامعة ستانفورد، بمجموعة من الإحصائيين من الشباب الذين كانوا يبحثون في بنية الكمبيوتر والإحصائيات الرياضية، يسألون هذا السؤال نفسه. تكمن إحدى الإجابات الأولى في أسلوب تحليل البيانات المعروف بـ «مواصلة إسقاط». من أحد لعنات الكمبيوتر الحديث إمكانيته في تجميع مجموعات البيانات للأبعاد الضخمة. فلنفترض مثلا أننا نتابع مجموعة من المرضى تم تشخيصهم بأنهم أكثر عرضة للإصابة بأمراض القلب. أحضرناهم إلى المستشفى لمراقبة حالتهم لمدة ستة شهور. قمنا وفي كل زيارة، بأخذ 10 سم3 من الدم وتحليله بعد ذلك إلى أكثر من 100 مستوى للأنزيمات المختلفة، يُعتقد أن أكثرها مرتبط بأمراض القلب. ونجري لهم أيضاً تخطيطاً لصدى القلب، مصدرين نحو ستة مقاسات مختلفة، ونراقب كذلك تخطيط كهربائيّة القلب (ربما بجعلهم يلبسون وسيلة تسجل كل ضربات القلب 900،000 في يوم محدد). نسجل أطوالهم

وأوزانهم ونجرى كل الفحوص الدقيقة من وخز وجس لمتابعة كل الأعراض والمؤشرات المرضية، وينتج عن ذلك نحو ثلاثين إلى أربعين رقم قياس.

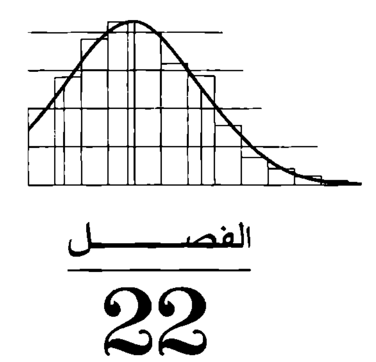
ما يمكن فعله بكل هذه البيانات؟

فلنفترض أننا حصلنا على 500 رقم قياس في كل زيارة للمستشفى لكل مريض، وتمت رؤية المرضى في عشر زيارات مختلفة خلال مرحلة الدراسة الطبية. فنحصل بالتالي على 5,000 من القياسات لكل مريض. فلو كان لدينا 20,000 مريض في الدراسة، سيمثل هذا نحو 20,000 نقطة في 5,000 من الفراغ البعدي. فلننس فكرة الانتقال من خلال الأبعاد الأربعة المجردة التي تشغل معظم الأدب العلمي. نجد في العالم الحقيقي للتحليلات الإحصائية، أنه من غير الطبيعي التعامل مع آلاف فراغات الأبعاد. أصدر ريتشارد بيلمان Richard Bellman في الخمسينات مجموعة من النظريات أسماها «لعنة البعد». وما تقوله هذه النظريات هو أنه، بازدياد بعد الفضاء، يصبح من الصعب الحصول على تقديرات جيدة للمتغيرات. وبمجرد أن يخرج المحلل بعشرة إلى عشرين من وحدات الفراغ البعدي، يصبح عندها من غير الممكن الاستبيان عن أي شيء بأقل من مئات الألوف من الملاحظات.

كانت نظريات بلمان مبنية على ثوابت منهجية للتحليلات الإحصائية. لاحظت مجموعة ستانفورد أن البيانات الحقيقية غير

مبعثرة شذرا مذرا في هذه 5،000 فراغ بعدي. تتجمع البيانات فعلياً في الأبعاد السفلية. ولنتخيل نقاطاً مبعثرة في ثلاثة أبعاد توجد جميعها في مستوى واحد أو حتى في خط واحد. هذا ما يحدث للبيانات الحقيقية. لم تكن الملاحظات البالغ عددها 5،000 لكل مريض في دراسة الحالة المرضية مبعثرة هنا وهناك من غير بنية أساسية. وهذا لأن عدداً كبيراً من القياسات مرتبط بعضه ببعض .(عرض جون تاكي من مختبرات بل ببرينستون Bell Labs مرة هذه الفكرة، على الأقل في مجال الطب، وغالباً لا تزيد الحقيقة «التعامدية» في البيانات عن خمس). وعليه طورت مجموعة ستانفورد تكنولوجيا الكمبيوتر للبحث عن الأبعاد السفلية الموجودة فعلاً. وأكثر التكنولوجيات انتشاراً في الاستعمال هي مواصلة الإسقاط.

جذبت التكتلات سيئة البنية وتكاثر المعلومات المتزايد حالياً، اهتمام كثير من العلماء، ودخلت حقل المعلومات العلمية عدة جامعات. كثيراً ما كان لعلماء المعلوماتية تدريب هندسي ولكن لم يكن لديهم إلمام بكثير من التطورات الحديثة للإحصاء الرياضي، لذلك كان هناك تطور متماثل في علوم الكمبيوتر قام في بعض الأحيان بإعادة اكتشاف المادة الإحصائية وفتح أبواباً جديدة لم يتطرق إليها ر.آ.فيشر أو معاصروه. وهذا هو عنوان فصل الكتاب الأخير.



الفصل

22

بيكاسو عصره في الإحصاء

أجريت بعد ما أنهيت رسالة الدكتوراه سنة 1966، جولات على عدة جامعات، وتحدثت فيها عن نتائج أبحاثي كما أجريت مقابلات للحصول على عمل. كانت جامعة برينستون من أوائل المحطات التي توقفت عندها، وتقابلت هناك في محطة القطار مع جون تاكي.

سمعت خلال دراستي عن تناقضات تاكي، ودرجة الحرية في تفاعلاته، وعن تحويلات فورييه Fourrier، السريعة له، وكذلك عن اختباره السريع، وفرضيته المساعدة ما يسمى بالتوطئة. ولم أدرس إلى الآن أعماله في تحليل البيانات الاستكشافي، أو أي من الأعمال التي صدرت من عقله المبدع في السنين اللاحقة. كان تاكي رئيس اللجنة في قسم الإحصاء، (وكان لديه منصب مشترك في مختبرات شركة الهاتف بيل Bell

Telephone Laboratories)، وقد فاجأني عندما قام هو شخصياً ليرحب بوصولي. كان يرتدي البنطلون الصيني مع قميص قطني واسع فوقه، وحذاء رياضي. بينما كنت أرتدي بذلة وربطة عنق. لم تكن ثورة الستينات للملابس المخيطة قد وصلت إلى مستوى الكلية، لذلك بدت ملابسي ملائمة أكثر من ملابسه.

تمشينا سوية حول السكن الجامعي، نناقش أحوال المعيشة في برينستون. سألني عن برامج الكمبيوتر التي كتبتها أثناء العمل برسالتي. وضّح لي بعض الحيل لتجنب خطأ التدوير (الأخطاء المتراكمة) في برامجي. وصلنا أخيراً إلى القاعة التي سأتحدث فيها عن رسالتي. صعد تاكي إلى الصف الأخير من المقاعد في الغرفة بعد تقديمي للحاضرين. بدأت بتقديم النتائج التي توصلت إليها. لاحظت انشغاله بتصحيح أوراقه أثناء ذلك.

سألني بعدها بعض الحاضرين (الذين كان معظمهم من الخريجين وأعضاء الكلية) أسئلة، واقترح آخرون بعض التشعبات لما قدمت. ثم تقدم جون تاكي من الصف الأخير عند انتهاء الجميع من أسئلتهم وتعليقاتهم. أخذ قطعة طباشير وأعاد تقديم نظريتي الأساسية على اللوح المدرسي، واضعاً كل الرموز الرياضية التي استخدمتها[1]. ثم عرض علي برهاناً آخر

(1) أخافت الرموز الرياضية المتكونة من مجموعة من الحروف، الرومانية واليونانية، مع خطوط غير متقنة، ورموز وحروف سفلية وعلوية، الكثير من غير الرياضيين (وغالباً بعض الرياضيين أيضاً). فهي طريقة ملائمة =

لنظرية استغرق إثباتها بطريقتي الخاصة شهوراً عدة. «ما أروع ذلك»، قلت في نفسي. «هذا تحالف عظيم!».

ولد جون تاكي سنة 1915 في نيوبدفورد ماساشوسيتس New Bedford Massachusetts. كان يخالط كلامه اللهجة القريبة من أهل بوسطن. لاحظ والداه عبقريته مبكراً، وتلقى العلم في المنزل إلى أن غادر إلى جامعة براون Brown University، فحصل هناك على درجة الماجستير في الكيمياء. أثارت الرياضيات المجردة اهتمامه. أتم دراسته العليا في جامعة برينستون، وهناك حصل على شهادة الدكتوراه في الرياضيات سنة 1939. كانت أعماله الأولى في مجال الطوبولوجيا. تعتبر

= لربط الأفكار المعقدة بعضها ببعض في الفضاء المدمج. «والفن» في قراءة البحث الرياضي، هو إدراك أن كل رمز له معنى خاص، نعرفه عند تقديمه، ولكن بعدها يجب أن نثق بأننا «فهمنا» معناه، ونركز انتباهنا على الطريقة التي يُستخدم فيها الرمز. يكمن روح الذوق الرياضي في تقديم مجموعة من الرموز، يسهل للقارئ ملاحظتها وفهم العلاقات بينها بسرعة. ممكن أن نجد هذا النوع من الذوق الرياضي في أبحاث جيرزي نيمان. كانت رسالتي للدكتوراه بعيدة عن الذوق على ما يبدو. كنت استخدم الرموز الرياضية للتأكد من أن شمول جميع الجوانب الممكنة للأساليب الرياضية. كان للرموز والحروف السفلية رموز أخرى مثلها والرموز العليا كان لها أيضاً رموز مثلها وفي بعض الحالات، كان للرموز السفلية عدة أوجه مختلفة. أذهلني جون تاكي عندما استطاع إعادة صياغة هذا الكم المعقد من الرموز، لأول مرة كان يرى فيها النظرية في ظهيرة ذلك اليوم. (بالرغم من الفوضى السائدة بين رموزي، فقد عرض علي تاكي عملاً. ولكن كان لدي ثلاثة أطفال وآخر قادم في طريقه، قبلت عملاً آخر بأجر أكثر في مكان آخر).

دعامة الطوبولوجيا دعامة أساسية ونظرية في الرياضيات. ودون دعامة الطوبولوجيا فرع صعب وسري من علم المنطق، يعرف بـ«ما وراء الرياضيات». يتعامل ما وراء الرياضيات مع أسئلة عمّا يعنيه «حل» مسألة رياضية، وماهية الفرضيات غير المصرح بها وراء استخدام المنطق. تعمق تاكي في هذه الدعائم المظلمة واستخرج منها «الفرضية المساعدة لتاكي»، التي تعتبر إنجازاً أساسياً في هذا المجال.

لم يكن مقدراً لجون تاكي البقاء في مجال الرياضيات المجردة، بينما كان ساموئيل س. ويلكس في كلية الرياضيات في برينستون، يدفع كثيراً من الطلبة وأعضاء الكلية من الشباب للالتحاق بعالم الإحصاء الرياضي. أطلق عليه لقب معلم في قسم الرياضيات في الجامعة حين حصوله على الدكتوراه. وفي سنة 1938، وأثناء عمله بالرسالة، قام بنشر بحثه الأول حول الإحصاء الرياضي. وكانت معظم منشوراته بعد سنة 1944 في هذا المجال.

التحق تاكي بمكتب أبحاث مراقبة الحرائق خلال الحرب العالمية الثانية، ليعمل على حل مشاكل التصويب في البنادق، وتقييم إحكام الرمي في الآلات الحربية، ومشاكل أخرى متعلقة بالمعدات الحربية. زودته هذه التجربة بالكثير من الأمثلة للمسائل الإحصائية التي سيحقق فيها مستقبلاً، وجعلته يقدر طبيعة المسائل العملية. اشتهر بحِكَمِه المؤلفة من سطر واحد التي شملت تجارب هامة. وهذه مثلاً حكمة من تجربته العملية

«من الأفضل أن يكون لدينا إجابة تقريبية للسؤال الصحيح، أكثر من أن يكون لدينا إجابة دقيقة للسؤال الخطأ».

تعدد جوانب تاكي

أذهل بابلو بيكاسو Pablo Picaso عالم الفن في بداية القرن العشرين بمنتجاته المختلفة في روعتها. كان يتفنن باللوحات الزيتية أحادية اللون، ثم اخترع التكعيبية، وبعدها قام بتجريب نوع من الكلاسيكية، وبعدها اتجه إلى الخزف. نتج عن هذه التقلبات ثورات متغيرة في الفن، والتي استمر في استثمارها آخرون بعد اتجاه بيكاسو لأمور أخرى. هكذا كان الأمر مع تاكي. في الخمسينات أصبح مهتماً بأفكار أندريه كولموغوروف حول مراحل الاتفاقية، وطور كمبيوتراً له تقنية خاصة لتحليل العناصر المتتالية الطويلة للنتائج المرتبطة ببعضها. عرفت «بتحويلات فورييه السريعة Fast Fourier transfom»، أو FFT. سيبقى تأثير تاكي على العلوم هائلاً مثل بيكاسو والتكعيبية، حتى لو توقفت إنجازاته عند هذا الحد.

كان عمل تاكي في الحرب سبباً في نقله سنة 1945 إلى مختبرات شركة الهاتف بل Bell في ماري هيل، نيوجيرسي Murray Hill، New Jersey، حيث انهمك في المسائل العملية المختلفة. «كان لدينا مهندس اسمه بادنبوم Budenbom»، قالها في أحد المحادثات المسجلة سنة 1987، يقوم ببناء رادار جديد ممتاز لتعقب الأثر من أجل اقتفاء أثر الأهداف الجوية. كان يريد الذهاب إلى كاليفورنيا ليقدم بحثه، وطلب صورة ليوضح لهم عن

نوعية أخطاء تعقب الأثر خاصته». قام بادنبوم بكتابة مسألته بنطاق التردد، ولكنه لم يعرف كيف يستخرج تقديرات متماسكة لسعة التردد. لم يتعرض تاكي بعد لاستخدامات هذه التقنية في الهندسة، رغم أنه كان عالم رياضيات، وكان على علم كاف بتحويلات فورييه. قدم أسلوباً أعجب المهندس (فلنذكر حكمة تاكي عن فائدة الإجابة التقريبية للسؤال الصحيح). لكن تاكي نفسه لم يكن مقتنعاً، فاستمر بالتفكير في المسألة.

كانت النتيجة تحويل فورييه السريع. وهي تقنية مصقولة باستخدام تعبير تاكي، «تستلف القوة» من الترددات المجاورة، وكمية كبيرة من البيانات غير لازمة لتقديرات جيدة. وهي أيضاً حل نظري تم التفكير به جيداً مع صفات مثلى. هو كمبيوتر في نهاية الأمر ذو كفاءة عالية في الحساب. كانوا بحاجة لمثل هذه الحسابات في الخمسينيات والستينيات، عندما كان الكمبيوتر بطيئاً وذا ذاكرة محدودة. استمر استخدامها في القرن الحادي والعشرين، لأنها متفوقة في دقتها لبعض التقديرات للتحويلات المعقدة التي أصبح يمكن تنفيذها اليوم.

استمر تقدم الكمبيوتر وطاقاته في الحقول الجديدة للبحث الإحصائي. رأينا كيف جعل الكمبيوتر حساب المصفوفات الكبيرة المعكوسة ممكناً، (وهذا الأمر قد يستغرق من جيري كورنفيلد عمل مئات السنوات على آلته الحاسبة الميكانيكية). هناك جانب آخر في الكمبيوتر يهدد بسحق النظرية الإحصائية، وهو قدرته على تخزين وتحليل كمية كبيرة من البيانات.

تفوق مهندسو وإحصائيو مختبرات شركة الهاتف بل في الستينات وبداية السبعينات، في التحليلات التي أجريت على الكميات الهائلة من البيانات. أدت مراقبة خطوط الهاتف والأخطاء العشوائية والمسائل، إلى ملايين البيانات للملف الواحد في الكمبيوتر. وأُرسلت البيانات التي قيست أبعادها من مجس فضائي، لفحص كوكب عطارد والمريخ وغيرهما من الكواكب، فأنتجت ملفات أخرى من ملايين المفردات. كيف يمكنك النظر إلى مثل هذه البيانات؟ وكيف تبدأ بتنظيمها لتصبح جاهزة للفحص؟

بإمكاننا دوماً حساب المتغيرات للتوزيعات الاحتمالية، متبعين تقنية الرائد كارل بيرسون. يتطلب مناّ هذا أن نفترض أمراً عن هذه المتغيرات - إنها تتبع نظام بيرسون، على سبيل المثال. هل يمكننا أن نجد أساليب لاختبار هذه المجموعات الضخمة من الأرقام، ونتعلم شيئاً منها من غير أن نفرض افتراضات عن توزيعاتها؟ هذا ما كان يفعله نوعاً ما العلماء الجيدون. أجرى غريغور ميندل Gregor Mendel سلسلة من التجارب على تهجين النبات، فاحصاً المحصول ومطوراً بالتدريج نظرياته للجينات المسيطرة والمتنحية. بالرغم من أن كثيراً من الأبحاث العلمية تضمنت جمع البيانات وملاءمة هذه البيانات للقالب المعد سابقاً لنوع خاص من التوزيعات، غالباً ما قد يكون مفيداً وُهاماً جمع البيانات وفحصها بدقة للحوادث غير المتوقعة.

وكما أشار مرةً أحد علماء الرياضيات الأمريكيين إيريك تمبل بل Eric Temple Bell، «لا تكذب الأرقام، ولكن لديها النزعة لقول الحقيقة مع نية للخداع»[2]. تميل النفس البشرية لرؤية الأمثلة وغالباً ما سترى الأمثلة فقط مع الضجة العشوائية[3]

أزعج هذا الأمر علماء الأوبئة على وجه الخصوص، فغالباً ما كانوا يجدون «عناقيد» من الأمراض، في أوقات وأماكن محددة أثناء فحصهم مجموعات من البيانات. فلنفترض أننا وجدنا عدداً كبيراً من الأطفال المصابين بسرطان الدم في مدينة صغيرة في ماساتشوستس Massachusetts، فهل يعني ذلك وجود سبب معين لانتشار هذا المرض في هذه المدينة؟ أم أنها مجرد عناقيد عشوائية ظهرت الآن

---

(2) كتب بل عدة كتب مشهورة في الرياضيات في الأربعينات والخمسينات. مازالت سيرة قادته من علماء الرياضيات، المرجع التقليدي لرواد الرياضيات في القرن الثامن والتاسع عشر. كانت دراسته لمعاني الأعداد، والتي أخذنا منها هذه المقولة، تخبر عن معاني الأعداد، والتي عرضت عليه، كما كتب، من السيدة التي كانت تنظف له.

(3) وكمثال كلاسيكي لذلك هو قانون بود Bode's law. وقانون بود هو المشاهدة المعتمدة على التجربة، وهي بوجود علاقة خطية بين لوغاريتم المسافة من الشمس، وعدد الكواكب في النظام الشمسي. تم اكتشاف نبتون لأن علماء الفضاء طبقوا قانون بود لتوقع المدار التقريبي لكواكب أخرى ووجدوا نبتون في هذا المدار. ولحين تحقق علماء الفضاء من وجود زحل والمشتري، اكتشفوا الكثير من الأقمار الصغيرة بالقرب من الكواكب، واتضح أن القمر الصناعي الوحيد الذي استطاع أن يشاهد زحل كان يتبع قانون بود. هل قانون بود هو عبارة عن مصادفات عشوائية؟ أو هل يقوم بإخبارنا بأمور عميقة وبالتالي غير مفهومة عن العلاقات بين الكواكب والشمس؟

في هذا المكان، وكان ممكناً ظهورها ببساطة في مكان آخر؟ ولنفترض أن سكان المدينة اكتشفوا مثلاً أن مصنعاً كيماوياً يتخلص من نفاياته في بحيرة قريبة، أو أنهم اكتشفوا آثاراً لأحماض أمينية في موارد مياه المدينة التي ظهرت فيها عناقيد مرض سرطان الدم. فهل يكون ذلك سبباً للإصابة بالمرض؟ أو بعبارة أشمل، إلى أي مدى يمكننا فحص البيانات متتبعين الأنماط والظواهر، ومتوقعين الحصول على نتائج غير السراب العشوائي؟

بدأ جون تاكي في الستينات، بالبحث جاداً في هذه المسائل، واستخرج بذلك نسخة منقحة لاتجاه كارل بيرسون نحو البيانات. لاحظ إمكانية فحص توزيع البيانات الملحوظة كتوزيع، من غير فرض نموذج احتمالي اعتباطي عليه. كانت النتيجة سلسلة من الأبحاث ومحادثات في الاجتماعات، فكتب أخيرا كتباً تُبحث فيها أسماء «تحليلات استكشافية للبيانات». وأثناء عمله بالمسائل، كان لنمط تاكي في التقديم شكل أخّاذ ولافت للنظر. بدأ بإعطاء أسماء مختلفة للصفات المميزة للتوزيعات البيانية، غير التي كانت تُستخدم في الماضي، وذلك ليصدم مستمعيه وقراءه نحو إعادة فحص فرضياتهم. كما أنه ابتعد عن التوزيعات الاحتمالية المعتادة، مثل نقطة بداية التحليلات إلى فحص الأمثلة ضمن البيانات نفسها. لقد كان ينظر إلى الطريقة التي تؤثر فيها القيم المبالغ فيها على مراقبتنا للأمثلة. ولتعديل مثل هذه التأثيرات الكاذبة، قام بتطوير مجموعة من الأدوات البيانية لعرض البيانات.

بيّن على سبيل المثال، أن المدرج التكراري المعروف لعرض توزيع مؤلف من مجموعة من البيانات، قد يكون مضللاً لتوجيه النظر لمتابعة مجموعة المشاهدات الأكثر تردداً. افترض أنه بإمكاننا تعيين الجذر التربيعي للتردد عوضاً عن تعيين تردد المشاهدات. وأطلق على ذلك «الجذر التكراري» موازنة بالمدرج التكراري. افترض تاكي أيضاً أنه يمكن تعيين الحقل الرئيسي للبيانات كصندوق، وتعيين القيم القصوى بخطوط (أو كما أطلق عليها «بالشعيرات») تنبعث من الصندوق. أصبحت بعض الأدوات التي قدمها جزءاً لكثير من البرامج الإحصائية المعروفة، وأصبح بإمكان المحلل أن يطلب «مخطط الصندوق» «ومخطط الساق والورقة». لقد انجرفت مخيلة تاكي الخصبة خلال تحليلات الصورة البيانية، وتندمج كثيراً من عروضه مع برامج الكمبيوتر. تم دمج اثنين من اكتشافاته للغة الإنجليزية. فهو من ابتكر كلمة bit لتعني («binary digit» «رقم ثنائي») وكلمة سوفتوير software (برامج الكمبيوتر، تماشياً مع هاردوير «hardware» التي تعني الكمبيوتر نفسه).

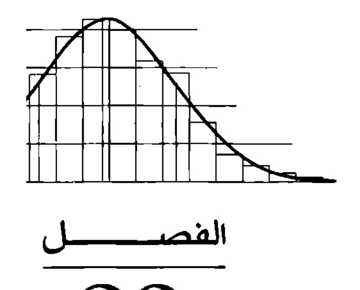
لم يصعب على تاكي أن يهاجم الأمور برؤيته البديهية، ولم يكن هناك شيء مقدس بالنسبة له ليسأل عنه. فلنأخذ على سبيل المثال مرحلة التسجيل البسيطة. تعرَّض معظم القراء لاستخدام عصا الحساب أثناء عد أي شيء. إنها العصا المعتادة التي قدّمها أجيال من الأساتذة، فنضع أربع علامات عمودية والخامسة لتشطب الأربع. كم من أفلام الكرتون شاهد فيها

القارئ، ذاك السجين الأشعث وهو يخطّ سلسلة من هذه الخطوط بالطباشير على حائط السجن؟

يقول تاكي إن استخدام العصي طريقة حمقاء. فلننظر إلى سهولة الوقوع في الخطأ. فقد تضع العلامة لتشطب ثلاثة خطوط بدلاً من أربعة، أو قد تضع خمسة خطوط ثم تشطبها. من الصعب تحديد الخطأ بهذه الطريقة. فقد تبدو صحيحة إلا إذا دققت في عدد الخطوط العمودية. قد يبدو معقولاً أن نستخدم العصا في الأماكن التي يسهل فيها تحديد الخطأ. عرض تاكي عشرة خطوط أو عصي أمامنا. نقوم في البداية برسم أربع نقاط لتحديد زوايا الصندوق. ثم نصل بين النقاط بأربعة خطوط لننهي الشكل. وفي النهاية نرسم خطين قُطرين أو مائلين لتشكل علامة تقاطع داخل الصندوق.

كانت هذه الأمثلة من تحويلات فورييه السريعة، وتحليلات البيانات الاستكشافية، جزءاً من نتاج تاكي الضخم. مثله مثل بيكاسو وهو يتنقل من الرسم التكعيبي إلى الكلاسيكي، ثم إلى الرسم على الخزف وعلى الأقمشة. تنقل جون تاكي عبر الصورة الإحصائية الجميلة للنصف الثاني من القرن العشرين، من السلسلة الزمنية، إلى النماذج الخطية، ثم إلى تعميم بعض من أعمال فيشر المنسية، وإلى تنشيط الحسابات، فتحليلات البيانات الاستكشافية. أنشأ من النظرية المتأصلة في الرياضيات، اعتباراً للمسائل العملية، وأخيراً وضع اعتباراً للتقييم غير المنظم للبيانات. تغير مفهوم الإحصاء كلما

وضع يده فيه. كان جون تاكي، وحتى يوم وفاته في صيف 2000، مستمراً في تحدي زملائه ومساعديه بالأفكار الجديدة والتساؤل المستمر عن القديم.



الفصـــــل

23

التعامل مع التلوث

تفترض عادة النظريات الرياضية التي تبرر استخدام الأساليب الإحصائية، تساوي جميع المقاسات المستخدمة في التجارب والمشاهدات العلمية في صحتها. لذا تقع نتائج التحليلات الإحصائية في خطأ فادح، إذا لم يختر المحلل سوى الأرقام التي تبدو صحيحة من بين البيانات المستخدمة. هذا ما كان يفعله العلماء دوماً بالطبع. بدأ ستيفان ستيغلر Stephen Stigler في بداية الثمانينيات بالبحث من خلال مفكرات العلماء العظام في القرن الثامن والتاسع عشر، مثل آلبرت ميتشلسون Albert Michelson، الذي تلقى جائزة نوبل سنة 1907 لتحديده سرعة الضوء. وجد ستيغلر أن معظمهم قد تخلص من البيانات قبل بدئهم بالحساب. توصل لذلك يوهانيس كيبلر Johannes Kepler، الذي اكتشف في بداية القرن السابع عشر أن

الكواكب تدور حول الشمس في قطاعات ناقصة، عن طريق مراجعته ملفات علماء الفضاء بالعودة إلى اليونانيين القدامى؛ لطالما كان يجد بعض المواقع المشاهدة، التي لم تكن تناسب القطاعات الناقصة التي كان يقوم بحسابها، فأهمل هذه القيم الخاطئة.

لم تكن عادة العلماء المرموقين أن يتخلصوا من البيانات التي بدت خاطئة. كانت الثورة الإحصائية في العلوم واسعة جداً تعلم فيها علماء التجارب بأن لا يطرحوا البيانات أياً كانت. من متطلبات النظريات الرياضية في الإحصاء، اعتبار كل القياسات متساوية في صحتها. ماذا يلزم أن نفعل عندما تكون بعض القياسات خاطئة بشكل واضح؟ جاء يوماً إلى مكتبي في سنة 1972، أخصائي في العقاقير للبحث في مثل هذه المسألة. كان يجري مقارنة بين علاجين من أجل تجنب حدوث القرحة في الفئران. كان متأكداً أن العلاجين يعطيان نتائج مختلفة، وكذلك اتضح له من البيانات. ولكن لم تبد المقارنة ذات دلالة، عندما أجرى فحصاً صورياً للفرضيات، متبعاً صياغة نيمان وبيرسون. كان متأكداً أن المشكلة تنحصر في بيانات الفأرين اللذين تمت معالجتهما بالمركب الأكثر رداءة من الآخر. وبما أنه لم يكن لديهما، جعل هذا بياناتهما تبدو أفضل من أحسن النتائج في المركب الآخر. قرأنا في الفصل السادس عشر عن تطور الأساليب غير التابعة للمتغيرات في التعامل مع مثل هذه المسألة. كانت هاتان القيمتان النائيتان في الجانب الخطأ من

البيانات، وكانت اثنتان منهما، تجعل حتى الفحص من غير متغيرات لا أهمية له.

لو حدث هذا الأمر منذ مئة عام، لتخلص أخصائي العقاقير من القيمتين الخطأ واستمر في حساباته. ولم يكن ليعترض عليه أحد. لكنه كان متدرباً في الاتجاه الإحصائي الحديث للقياسات. كان يعلم أنه غير مسموح له أن يفعل مثل ذلك. كان على مكتبي لحسن الحظ كتاب جديد، انتهيت من قراءته بعنوان التقديرات المتينة للموقع: المسح والتقدم Robust Estimates of Location: Survey and Advances، يصف فيها الجهود الضخمة الموجهة للكمبيوتر والمعروفة بدراسة برينستون المتينة، تحت إشراف جون تاكي. تجد الإجابة عن سؤاله في هذا الكتاب.

قد تبدو كلمة «متينة»، في هذا السياق، كلمة غريبة للسامع الأمريكي. أتت كثير من مصطلحات الإحصاء من علماء الإحصاء البريطانيين، وغالباً ما تعكس طريقتهم في الكلام. فمن الطبيعي أن نقول مثلا عن التقلبات العشوائية البسيطة في البيانات «أخطاء»[1] في بعض الأحيان، تتضمن البيانات قيماً

(1) هناك التباس في الغالب، بين المعنى العادي للكلمات، وبين المعنى الرياضي المحدد عند ظهور الكلمات نفسها في التحليلات الإحصائية. عندما بدأت العمل في صناعة الأدوية، شمل أحد تحليلاتي جدولاً تقليدياً للنتائج، أشير في أحد أعمدته إلى عدم الدقة الناتجة من التقلبات السريعة والعشوائية في البيانات. يطلق على هذا العمود، في الجدول =

ليست خاطئة فحسب، بل من الممكن معرفة سبب الخطأ (مثل الفشل التام في نمو المحصول في نوع معين من الأرض). أطلق ر.آ. فيشر على مثل هذه البيانات «الأخطاء الفادحة».

كان جورج بوكس George Box صهر ر.آ. فيشر، أول من أدخل كلمة «متينة» من خلال لهجته البريطانية. كانت اللكنة البريطانية مؤشراً على المكان الذي نشأ فيه بالقرب من نهر التايمز. كان جده تاجراً للخردوات، وكان العمل ناجحاً مما مكّن الأب من إرسال أعمام بوكس الكبار للتعلم في الجامعة؛ أصبح أحدهم بروفيسوراً في علم اللاهوت. ولما صار والد بوكس رجلاً، انحدرت تجارة والده، فمضى في حياته من غير أن يتم تعليمه العالي. كان يعيل أسرته براتب مساعد لصاحب محل. ذهب جورج إلى مدرسة لتعليم قواعد اللغة، ولعلمه

= التقليدي، «خطأ». واحد من كبار المديرين رفض أن يرسل مثل هذا التقرير إلى منظمة الغذاء والدواء الأمريكية. تساءل قائلاً، «كيف نعترف بوجود مثل هذا الخطأ في البيانات؟» مشيراً إلى الجهود الشاملة التي أجريت للتأكد من أن البيانات الطبية صحيحة. أشرت إلى أن هذا اسم تقليدي لهذا العمود. ولكنه أصر على إيجاد طريقة أخرى في التعبير. فلن يرسل تقريراً يعترف فيه بالخطأ إلى الـ FDA. قمت بالاتصال ب ها.ف. سميث H.F.smith من جامعة كونيكتيكت وشرحت له المسألة. اقترح علي تسمية العمود «المتبقي»، أو «المتخلف» مشيراً إلى أنه في بعض الأبحاث يشار إليه على أنه الخطأ المتبقي. قمت بإخبار الإحصائيين العاملين في هذا المجال بذلك. وبدأوا باستخدام هذا التعبير. وأصبح في آخر الأمر المصطلح القياسي المستخدم في معظم الكتابات الطبية. يبدو أن لا أحد في الولايات المتحدة على الأقل، يعترف بوجود الخطأ.

بعدم حصوله على المال الكافي للذهاب إلى الجامعة، بدأ بدراسة الكيمياء في معهد للفنون المتعددة. عندها بدأت الحرب العالمية الثانية، والتحق جورج بالجيش.

أُرسل للعمل في محطة حماية التجارب الكيميائية بسبب دراسته للكيمياء، حيث كانت تعمل مجموعة من رواد أخصائيي العقاقير، وعلماء الفيزياء في الولايات المتحدة في محاولة إيجاد مضاد للسموم لغازات سامة مختلفة. كان الأستاذ جون غادم John Gaddum من بين هؤلاء العلماء، وهو الذي جذب الثورة الإحصائية إلى علم الصيدلة في نهاية العشرينات، ووضع المفاهيم الأساسية على أساس رياضي ثابت.

يصبح بوكس عالم إحصاء

كان الكولونيل الذي كان يعمل معه جورج بوكس، يفكر تفكيراً عميقاً في مسألة البيانات التي تم تجميعها عن آثار الغازات السامة بجرعات مختلفة على الفئران والجرذان. لم يتمكن من فهم سبب ذلك. يروي بوكس سنة 1986 قائلاً:

> قلت (للكولونيل) في أحد الأيام، «نحن بحاجة ماسة إلى نظرة من عالم إحصاء لهذه البيانات لأنها متقلبة جداً». فرد قائلاً: «نعم، أعلم ذلك، ولكن لا يمكننا الحصول على عالم إحصاء؛ لا يوجد أحد متوفر الآن. مامدى علمك بهذا الموضوع؟» قلت له، «حسن، إنني لا أعرف الكثير عن هذا الأمر، ولكن حاولت مرة

> قراءة كتاب اسمه الأساليب الإحصائية للعاملين في البحث كتبه ر.آ. فيشر. لم أتمكن من فهمه، ولكن أعتقد أنني فهمت مغزاه». ثم رد قائلاً: «حسناً، من الأفضل لك أن تقرأ هذا الكتاب».

اتصل بوكس بمسؤولي التعليم في الجيش للاستفسار عن إمكانية أخذ دورة بالمراسلة عن الأساليب الإحصائية. لكن لم يكن هناك دورات متوفرة. فلم تكن أساليب التحليلات الإحصائية قد دخلت في المناهج الجامعية بعد. فأرسلوا له قائمة للقراءة عوضاً عن ذلك. كانت القائمة عبارة عن مجموعة كتب تم نشرها إلى ذلك الوقت. ضمت كتابين لفيشر، كتاب عن الأساليب الإحصائية في البحث العلمي، والآخر عن الإحصائيات الطبية، وآخر عن إدارة الغابات والمراعي.

كان بوكس مهتماً بأفكار فيشر في ما يخص تصميم التجارب. وجد بعض التصميمات التي تم تحقيقها في كتاب إدارة الغابات، فقام بتطبيق هذه التصميمات على تجارب الحيوانات. (لم ينشر بعد كتاب كوشران وكوكس بتصميماته الكثيرة والموصوفة بدقة). لم تكن التصميمات في الغالب ملائمة، فأصدر بوكس تصميماته الخاصة به، باستعمال المواصفات العامة لفيشر واتباع خطاه. حدثت إحدى التجارب المحبطة عندما طلب من بعض المتطوعين أن يعرّضوا أيديهم لغاز الخردل وعدة أساليب علاج مختلفة. هناك علاقة تربط بين ذراعَي كل متطوع، ويجب وضع ذلك في عين الاعتبار في

التحليلات. هناك أمر يجب فعله تجاه ذلك، ولم يكن هناك شيء مماثل له في كتاب إدارة الغابات. ولم يتحدث فيشر في كتابه عن مثل ذلك. تمكن بوكس وبالعمل بمبادئ الرياضيات الأساسية الذي تلقى تعليمه فقط في دورة لم يتمها في الكيمياء في مدرسة للفنون المتعددة، من اشتقاق التصميم المناسب.

يمكن رؤية بعض الأفكار في تصاميم بوكس القوية كنتيجة سلبية. وصل طبيب العيون الأمريكي إلى محطة التجارب مع ما يعتقد أنه مضاد السموم الممتاز لآثار غاز اللويزيت، الذي قد تسبب قطرة منه العمى. أجرى عدة تجارب على الأرانب في الولايات المتحدة، وأثبتت حزم أوراق عمله أن في هذا المضاد الإجابة الصحيحة عن كل التساؤلات. لم يكن بالطبع يعرف عن تصميم فيشر للتجارب. كانت تجاربه في الحقيقة مليئة بالعيوب والأخطاء: لا يمكن لآثار المعالجة أن تنفك عن آثار العوامل الدخيلة المنتشرة شذراً مذراً في التصاميم. وحيث إن للأرانب عيوناً مكنت بوكس من تقديم تجربة بسيطة استخدم فيها تصميمه الجديد للعقبات المرتبطة ببعض. أوضحت هذه التجربة بسرعة عدم فائدة مضاد السموم المعروض.

أُعدّ تقرير لوصف تلك النتائج. كان الكاتب رائداً في الجيش البريطاني، فأملى الضابط بوكس الملحق الإحصائي الذي كان يشرح طريقة الوصول إلى النتائج. أصر المسؤولون الذين كان عليهم الموافقة على التقرير على إزالة ملحق بوكس. كان أمراً معقداً جداً يصعب فهمه على أي إنسان. هذا ما لم

يستطع فهمه المراجعون). قرأ السيد جون غادم التقرير الأصلي، وجاء لتهنئة بوكس على ملحقه، وعلم أنه بشأن إلغاء الملحق في التقرير النهائي. اندفع غادم إلى السكن الرئيسي للمجمع ،جاراً بوكس خلفه، دخل اجتماع هيئة المسؤولين عن مراجعة التقارير. وباستعمال كلمات بوكس: «شعرت بالحرج الشديد. من هذا الشخص المميز، الذي يقرأ قانون الشغب أمام هؤلاء الموظفين في دوائر الحكومة المدنية» ويقول: «ضعوا الملحق اللعين في مكانه السابق». استجابوا لأمره على التو.

قرر بوكس عند انتهاء الحرب، أن دراسة الإحصاء أمر يستحق العناء من أجله. وحيث إنه قرأ لفيشر، فكان يعلم أن فيشر يدرّس في كلية جامعية في جامعة لندن. تمكن من العثور على اسم الجامعة. لكن ما لم يعرفه هو أن فيشر غادر لندن سنة 1943 ليرأس قسم الجينات في جامعة كامبردج. وجد بوكس نفسه في مقابلة شخصية مع إيغون بيرسون، الذي عانى من احتقار فيشر اللاذع لأعماله مع نيمان في اختبار الفرضية . استهل بوكس بوصف مثير لأعمال فيشر، شارحاً ما تعلمه عن تصميم التجارب. استمع بيرسون إليه بهدوء ثم قال، «حسناً يمكنك الدخول في جميع الأحوال. ولكني اعتقد أنك ستكتشف أنه كان هناك شخص أو اثنان آخران بالإضافة إلى فيشر في مجال الإحصاء».

درس بوكس في جامعة الكلية، وتلقى شهادة البكالوريوس، ثم بدأ بالإعداد للماجستير. قدم بعض أعماله

بأسلوب تصميم التجارب، وأخبروه أن عمله جيد لدرجة تكفي لتقديم رسالة الدكتوراه، لذلك بدأ بالتحضير للدكتوراه. كانت الشركة الضخمة لصناعة المواد الكيميائية ICI آنذاك، أكبر الشركات في بريطانيا في اكتشاف المواد الكيميائية والأدوية. دُعي بوكس للمشاركة في مجموعة الخدمات الرياضية، وعمل لدى ICI من سنة 1948 إلى سنة 1956، أصدر فيها سلسلة من الأبحاث (في الغالب مع مؤلفين مشاركين) وسع فيها تقنية تصميم التجارب، وفحص الأساليب للتعديل التدريجي لنتاج المراحل التصنيعية ليحسن الحصيلة الإنتاجية، وعرض مقدمة لأعماله الأخيرة حول التطبيقات العملية لنظريات كولموغوروف في المراحل الاتفاقية.

بوكس في الولايات المتحدة

جاء جورج بوكس إلى جامعة برينستون ليصبح رئيساً لمجموعة أبحاث التقنية الإحصائية، وبعدها لإنشاء قسم الإحصاء في جامعة ويسكونسن University of Wisconsin. تم تكريمه بإعطائه لقب عضو رئيسي للمنظمات الإحصائية، وتلقى عدة جوائز قيمة لإنجازاته الضخمة. استمر نشاطه في مجال البحث وفي المنظمة حتى تقاعده. تنوعت إنجازاته في عدة جوانب للبحث الإحصائي، متعاملاً مع النظريات والتطبيقات.

عرف بوكس فيشر فقط خلال عمله لصالح ICI، وليس على النطاق الشخصي. أثناء إدارته لمجموعة أبحاث التقنية

الإحصائية في برينستون، أُعطيت الفرصة لإحدى بنات فيشر جوان Joan للذهاب إلى الولايات المتحدة، وتمكنت بمساعدة بعض الأصدقاء من الحصول على عمل كسكرتيرة في برينستون. التقيا هناك وتزوجا بعد ذلك، وقامت جوان بوكس فيشر Joan Box Fisher بنشر سيرة تعريفية لأبيها ولأعماله في سنة 1978.

كانت كلمة متين من أحد إنجازات بوكس للإحصاء. كان مهتماً بالأساليب الإحصائية التي تعتمد على النظريات الرياضية، والتي تحتوي فرضيات عن المعطيات التوزيعية للبيانات التي قد تكون صحيحة. هل يمكن إيجاد الأساليب المفيدة حتى لو كانت حالة النظرية غير متماسكة؟ قام بوكس بتسمية مثل هذه الأساليب «متينة». لقد أجرى بعض التحريات الرياضية الأولية، ولكنه وجد أن مفهوم المتانة غير واضح وغامض. أجرى محاولات أخرى لتوضيح معناها، لاعتقاده أنه من المفيد أحياناً أن يكون لدينا فكرة عامة غير مفهومة لتوجهنا في اختيار خطوات العمل. على كل حال، استغرقت الفكرة وقتاً طويلاً. تم تعريف متانة اختبار الفرضية بلغة احتمالية الخطأ. أثبت برادلي إفرون Bradley Efron من جامعة ستانفورد سنة 1968 أن اختبار «الطالب» (ت) كان متيناً من هذا المفهوم، متوسعاً في بعض أفكار فيشر الهندسية. استخدمت أساليب إ.ج. بيتمان E.J.G. Pitman لتبين أن معظم الاختبارات التي لا متغيرات لها كانت متينة بنفس هذا المفهوم.

هاجم جون تاكي في نهاية الستينات في برينستون ومجموعة من زملائه من أعضاء الكلية، وبعض الطلبة مسألة القياسات التي تبدو غير صحيحة وماذا يفعلون تجاهها. ظهرت نتائج ذلك في دراسة برينستون للمتانة Princeton Robustness Study، التي نشرت سنة 1972. تكمن الفكرة الأساسية خلف هذه الدراسة في التوزيع الفاسد. معظم القياسات المأخوذة من المفترض أن تأتي، معظمها من احتمالية التوزيع التي نرغب في حساب متغيراتها. ولكن لم تكن القياسات سليمة بسبب القيم التي أتت من توزيع آخر.

حصل نموذج كلاسيكي للتوزيع الفاسد خلال الحرب العالمية الثانية. طورت البحرية الأمريكية جهازاً لتعيين المدى البصري، والذي تطلب من مستخدمه مشاهدة صورة استريوسكوبية لها أبعاد ثلاثة للهدف، ووضع مثلث «فوق» الهدف. أجريت محاولة لتحديد درجة الخطأ الإحصائي في هذا الجهاز، بالحصول على مئات البحارة الذين اصطفوا على هدف عرفت مسافته. يعاد ترتيب الموقع حسب جدول من الأرقام العشوائية قبل أن ينظر كل بحار من خلال جهاز تعيين المدى، بحيث لا يؤثر الترتيب السابق عليه.

لم يعلم المهندسون الذين صمموا الدراسة أن 20٪ من الأشخاص لا يستطيعون أن يروا الرؤيا ثلاثية الأبعاد. لديهم ما يعرف بالعين الكسولة. فكانت خُمُس القياسات المأخوذة من جهاز تعيين المدى خاطئة تماماً. وبوجود بيانات الدراسة فقط

بين أيدينا، لم تكن هناك طريقة لمعرفة البيانات التي حصلنا عليها من الأشخاص ذوي العين الكسولة، لذلك لا يمكننا معرفة القياسات الفردية من التوزيع الفاسد.

قامت دراسة برينستون بوضع عدد كبير من التوزيعات الفاسدة كنموذج في دراسة مونت كارلو الضخمة[2] في الكمبيوتر. كانوا ينظرون إلى الأساليب التي تقدر الانحراف المركزي للتوزيع. تعلموا أمراً واحداً وهو أن المعدل المرغوب فيه هو المقياس الضعيف عندما تكون البيانات فاسدة. ومثال كلاسيكي لمثل هذه الحالة كانت محاولة أجرتها جامعة يل University of Yale لتقدير دخل خريجي الجامعة بعد عشر سنوات من التخرج. إذا قمنا بأخذ المعدل لكل الدخل، سيكون ذلك مرتفعاً جداً، بما أن عدداً قليلاً من الخريجين هم من الأثرياء جداً. في الواقع، فإن دخل نحو 80٪ من الخريجين أقل من المعدل.

اكتشفت دراسة برينستون للمتانة أن المعدل يتأثر بشدة، حتى بقيمة منفردة من التوزيع الفاسد. هذا ما كان يحدث للبيانات التي أحضرها لي أخصائي العقاقير من دراسته لقرحة

(2) في دراسة مونت كارلو، قدمت القياسات الفردية باستخدام الأرقام العشوائية لمحاكاة الحدث الحقيقي الذي قد يحدث. ويتم تكرار فعل ذلك آلاف المرات، والقياسات الناتجة يتم تفحصها من خلال التحليلات الإحصائية، لتحديد آثار بعض الأساليب الإحصائية على الحالة التي تمت محاكاتها. تم اشتقاق الاسم من ملهى القمار المشهور في موناكو.

الجرذان. تعتمد كل الأساليب الإحصائية التي تعلم استخدامها على المعدل. قد يعترض القارئ: فلنفترض أن الحدود القصوى والقياسات التي تظهر أنها خاطئة، كانت صحيحة؛ وأنها أتت من التوزيع الذي نختبره، وليس من التوزيع الفاسد. سنتوصل إلى النتائج التالية بالتخلص من هذه الفرضيات.

توصلت دراسة برينستون للمتانة إلى حل بإمكانه أن يفعل أمرين:

1. يقلل من تأثير القياسات الفاسدة إذا كانت موجودة.
2. يعطي إجابات صحيحة إذا لم تكن القياسات فاسدة.

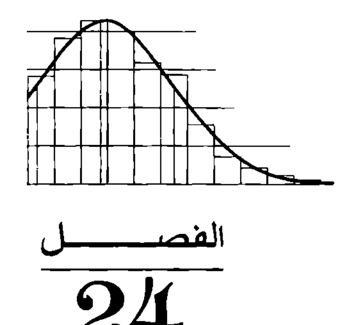
كنت متأكداً أن أخصائي العقاقير استخدم واحداً من هذه الحلول، واستطاع الاستفادة من البيانات. قدمت التجارب المستقبلية نتائج متماسكة، موضحة أن التحليلات المتينة في الطريق.

بوكس وكوكس

أثناء وجودي في ICI، اعتاد جورج بوكس زيارة المجموعة الإحصائية في كلية الجامعة، وهناك قابل ديڤيد كوكس. تقدم كوكس في علمه ليصبح مبتكراً أساسياً في الإحصاء، وأصبح رئيس تحرير البيومتريكا، مجلة كارل بيرسون. كان كلا الرجلين متأثراً بالتشابه المضحك بين اسميهما، وحقيقة أن «بوكس كوكس»، كان اصطلاحاً يُستخدم في المسرح الإنجليزي لوصف

دورين ثانويين قام بهما شخص واحد. وهناك أيضاً مسرحية هزلية موسيقية من الفن الإنجليزي تتحدث عن رجلين اسمهما بوكس وكوكس قاما باستئجار السرير نفسه في بيت للمنامة، أحدهما ينام في النهار والآخر في الليل.

قام جورج بوكس وديڤيد كوكس بكتابة بحث سوياً. وبالرغم من أن ميولهما الإحصائية لم تكن في المجال نفسه؛ ومع مرور الزمن ومحاولتهما إنهاء البحث من وقت إلى آخر، تباعدت اهتماماتهما تماماً، وكان على البحث أن يتسع لموقفين فلسفيين مختلفين عن طبيعة التحليلات الإحصائية. نشر البحث أخيراً سنة 1964، في مجلة المجتمع الملكي الإحصائي. وكما عرف البحث باسم «بوكس وكوكس»، أصبح جزءاً هاماً في الأساليب الإحصائية. أوضحا في البحث كيفية تحويل المقاسات بطريقة تزيد من متانة معظم الخطوات الإحصائية. «تحويلات بوكس وكوكس»، كما أطلق عليها، أصبحت تُستخدم في تحليلات دراسات علم السموم والآثار المتغيرة للمواد الكيميائية على الخلايا الحية، وكذلك في التحليلات الاقتصادية، وحتى في الأبحاث الزراعية، التي نشأت منها أساليب ر.آ. فيشر.



الفصل

24

الرجل الذي أعاد صياغة الصناعة

عرضت سنة 1980 شبكة التلفزيون NBC برنامجاً وثائقياً بعنوان «إذا استطاعت اليابان، فلماذا لا نستطيع نحن؟» اهتزت الشركات الأمريكية بالتحديات المقبلة من اليابان. تفوقت نوعية السيارات اليابانية بشكل كبير على السيارات الأمريكية في السبعينات مع تدني أسعارها. ولم يكن هذا محصوراً في السيارات، بل في مجالات صناعية أخرى، من الفولاذ إلى الإلكترونيات، تفوق اليابانيون على المؤسسات التجارية الأمريكية في النوعية والتكاليف. قام الفيلم الوثائقي في NBC بشرح كيفية حدوث ذلك. كان الفيلم وصفاً لجهود شخص واحد للصناعة اليابانية. كان ذلك الرجل في الثمانين من عمره وهو الإحصائي الأمريكي، و. إدوارد ديمنغ W. Edwards Deming.

أصبح ديمنغ فجأة،



و. إدوارد ديمنغ 1900 ـ 1993

والذي كان يعمل مستشاراً في الصناعة منذ أن ترك القسم الزراعي الأمريكي سنة 1939، مطلوباً بشدة. دُعي أثناء عمله الطويل كمستشار للصناعة عدة مرات، لمساعدة الشركات الأمريكية للسيارات في مراقبة الجودة. طور أفكاراً هامة لتحسين الأساليب الصناعية، ولكن لم يهتم كبار مديري هذه الشركات بالتفاصيل «التكنولوجية» لمراقبة الجودة مهما كانت. عيّن سنة 1947، الجنرال دوغلاس ماك آرثر Douglas MacArthur القائد الأعلى للقوات المتحالفة على اليابان المهزومة. أجبر اليابان على تبني النظام الديموقراطي، وقام بإعادة الخبراء الأوائل على «الطريقة الأمريكية» لتعليم الدولة. قام العاملون لديه بتدوين و. إدوارد

ديمنغ كخبير في أساليب العينات الإحصائية. دُعي ديمنغ إلى اليابان ليعطي فكرة لليابانيين «كيف نفعل ذلك في أمريكا».

أدهش عمل ديمنغ، إيشيرو إيشيكاوا Ichiro Ishikawa، رئيس الاتحاد الياباني للعلماء والمهندسين JUSE، وتمت دعوته مرة أخرى لتعليم الأساليب الإحصائية في مجموعة من الحلقات الدراسية، تم تنظيمها لتوسعة نطاق الصناعة اليابانية. كان إيشيكاوا الصوت المسموع للإدارة العليا في عدة شركات يابانية. وكان غالباً ما يحضر موظفو الإدارة محاضرات ديمنغ خلال وجوده. كانت تعني آنذاك جملة «صنع في اليابان»، كل رخيص ذي نوعية سيئة فيها تقليد لمنتجات دول أخرى. أذهل ديمنغ السامعين عندما أخبرهم أنهم يستطيعون تغيير حالهم بظرف خمس سنوات. أخبرهم أن الاستعمال السليم للأساليب الإحصائية لمراقبة الجودة، يمكنهم من تقديم منتجات بنوعية ممتازة، وأسعار منخفضة تسيطر على الأسواق في العالم بأكمله. أضاف ديمنغ في أحاديث لاحقة له، أنه كان مخطئاً في توقعاته أن ذلك قد يستغرق خمس سنوات. لقد هزم اليابانيون توقعاته وحققوا ذلك في نحو سنتين.

تأثر اليابانيون بديمنغ لدرجة عينت JUSE جائزة ديمنغ السنوية لتشجيع التطور في الأساليب الجديدة والفعالة لمراقبة الجودة في الصناعة اليابانية. أصبحت الحكومة اليابانية مهتمة بإمكانيات استخدام الأساليب الإحصائية للتحسين في جميع المجالات، وعينت وزارة التعليم يوماً سنوياً للإحصاء، يتنافس

فيه الطلبة على الجوائز، بتقديم ابتكاراتهم لعروض وأعمال في الإحصاء. كسحت الأساليب الإحصائية اليابان بأكمله، جاءت معظم هذه الأساليب من حلقات ديمنغ العلمية.

رسالة ديمنغ للإدارة العليا

بدأ الترحيب بديمنغ في الصناعة الأمريكية بعد الفيلم الوثائقي الذي عرض في محطة NBC. أعد سلسلة من الحلقات التعليمية لتقديم أفكاره للإدارة الأمريكية. لم تستوعب، لسوء الحظ، معظم الإدارات العليا في الشركات الأمريكية ما فعله ديمنغ، فقاموا بإرسال خبرائهم التكنولوجيين، الذين كان لديهم فكرة عن مراقبة الجودة، ليحضروا حلقاته العلمية. ولم يحضر تلك الدورات من الإداريين إلا ما ندر. كانت رسالة ديمنغ في المقام الأول رسالة إلى الإدارة. كانت رسالة حرجة وبغيضة إلى الإدارة وخاصة إلى الإدارة العليا التي فشلت في أداء دورها. نظّم ديمنغ ليوضح رسالته طلاب حلقته العلمية للقيام بتجربة مبتكرة.

وزّع الطلبة في مجموعات عمال مصنع، ومراقبين ومدراء. درّب العمال على خطوات بسيطة، بإعطائهم اسطوانة مليئة بالخرز الأبيض، خلطت ببعض الخرز الأحمر، فيحركون الاسطوانة بقوة مرات كثيرة، مركزين على أهمية جانب الخلط. ثم يعطيهم مجدافاً بخمسين حفرة، بحيث تتسع كل حفرة لحبة خرز. وبتمرير المجداف في الاسطوانة، يطلب من العاملين أن

يحضروا الخمسين حبة خرز كاملة. أخبرهم أن السوق حدد أن العملاء لن يرضوا بوجود أكثر من ثلاث حبات خرز حمراء من بين الخمسين، ويجب عليهم السعي لتحقيق هذا الهدف. وبدخول العاملين بالمجداف المليء بالخرز، يقوم المراقب بعدّ حبات الخرز الحمراء ويدون ذلك. ويفحص المدير السجلات ويمدح العاملين الذين كان عدد حبات الخرز الحمراء عندهم قليلة أو قريبة من الحد الأقصى وهو الرقم ثلاثة، وينتقد العاملين بأعداد حبات خرز حمراء كبيرة. وغالباً ما يقوم المدير بإخبار العمال الرديئين بالتوقف عن العمل، وبمراقبة العمال الجيدين ليتابعوا طريقتهم في العمل، كي يتعلموا أداء المهمة بشكل صحيح.

كانت خمس حبات خرز في الاسطوانة حمراء. لذلك كانت نسبة الحصول على ثلاث حبات أو اقل تساوي أقل من 1٪. ولكن فرصة الحصول على ست حبات أو أقل تشكل نسبة 10٪ تقريباً، لذلك لن يصل العاملون إلى تحقيق هدفهم أي بعدم الحصول على أكثر من ثلاث حبات خرز حمراء إلا بشق الأنفس. كانوا عادة يحصلون على عشر حبات حمراء، وهذا مرفوض بالنسبة للعمل الإداري؛ يحصل بعض العاملين على 13 إلى 15 حبة حمراء بمحض الصدفة، وهذا دليل واضح على رداءة العمل.

كانت وجهة نظر ديمنغ، أن الهيئة الإدارية في الغالب تضع مقاييس صعبة جداً ولا تبذل أي محاولة لتحديد إمكانية

تطبيق هذه المقاييس، أو إمكانية تغيير المعدات لتتطابق مع المقاييس. صرح بأن الإدارة الأمريكية العليا تعتمد على الخبراء في مراقبة الجودة والحفاظ على المقاييس، متجاهلة المعاناة التي قد يعاني منها العاملون. كان ينتقد بمرارة البدع الإدارية التي قد تكسح الصناعة الأمريكية. أطلق على البدع في السبعينات، «انعدام العيب». لن يكون لديهم عيوب في منتجاتهم، وهذه حالة مستحيلة من وجهة نظر ديمنغ. وفي الثمانينات (في الوقت الذي كان يضع فيه ديمنغ بصمته على الصناعة الأمريكية)، أطلق على المستجدات حينها «إدارة النوعية الشاملة» total quality management أو TQM. كانت هذه الأمور بالنسبة لديمنغ ليست أكثر من كلمات فارغة ومواعظ من النظام الإداري، الذي كان عليه أن يؤدي دوره الحقيقي كبديل لذلك.

يكتب ديمنغ في كتابه تخطي الأزمات Out of the Crises، ناقلا عن تقرير كتبه لإدارة إحدى الشركات:

> كُتب هذا التقرير بناء على طلبكم، بعد دراسة لبعض المشاكل التي تعانون منها من قلة إنتاج، وتكاليف باهظة ونوعيات متغيرة... أفتتح قائلاً إننا لا يمكننا تحقيق تأثير دائم في تحسين النوعية، ما لم تحمل الإدارة العليا على عاتقها مسؤولية العمل... يكمن فشل الإدارة في مؤسستكم في قبولهم للمسؤولية وأداء واجبهم تجاه تحسين النوعية، هذا من وجهة نظري هو

السبب الرئيسي لمشاكلكم... وما يحدث في مؤسستكم... ليس مراقبة للجودة بل حرب العصابات، لا يوجد جهاز تنظيمي، لا يوجد استعداد ولا تقدير لمراقبة الجودة كنظام. يبدو أنكم كنتم تديرون قسماً للحرائق مطلوباً منه الوصول في الوقت المناسب لإيقاف الحريق من الانتشار...

لديكم شعارات، معلقة في كل مكان، تشجع على إتقان العمل، هذا كل ما في الأمر، لا أستطيع أن أتخيل كيف لأحد أن يحقق ذلك. بأن يحسن كل فرد من مستوى عمله؟ كيف يمكنه فعل ذلك، عندما لا يكون لديه وسيلة لمعرفة طبيعة عمله، أو كيف يحسنه؟ أو عندما يكون مكبلاً بمواد غير كاملة، أو تغيير في الإمدادات، وآلات عاطلة عن العمل؟... وعقبة أخرى هي الفرضية الإدارية بأن عاملي الإنتاج مسؤولين عن كل المشاكل: بأنه لن يكون هناك مشاكل في الإنتاج إذا قام عاملو الإنتاج بأداء عملهم على النحو الذي يعلمون أنه صحيح.

... تأتي معظم مشاكل الإنتاج، حسب تجربتي، من المسببات العادية، والتي تستطيع الإدارة فقط التخفيف أو التخلص منها.

تكمن النقطة الأساسية عند ديمنغ بالنسبة لمراقبة الجودة في أن مردود الخط الإنتاجي متغير. يجب أن يكون متغيراً، لأن هذه هي طبيعة الأنشطة الإنسانية. يصر ديمنغ، أن ما يريده العميل، ليس بالمنتج الكامل بل المنتج الموثوق به. يريد

العميل المنتج ذا المتغيرات القليلة حتى يسهل عليه أو عليها التعامل معه. تسمح تحليلات ر.آ. فيشر للمتغيرات للمحلل أن يفصل بين متغيرات المنتج بمصدرين. المصدر الأول أسماه ديمنغ «المسببات الخاصة». والآخر أسماه المسببات «العادية أو البيئية». داعماً كلامه بأن الخطوات القياسية في الصناعة الأمريكية كانت تكمن بوضع حدود على المتغيرات الكلية المسموح بها. وإذا تجاوزت هذه المتغيرات الحدود، يتم إغلاق خط الإنتاج، ثم يتم البحث عن سبب ذلك. يصر ديمنغ على أن المسببات الخاصة قليلة ومن السهل التعرف عليها. وأما المسببات البيئية فهي موجودة دائماً وهي نتيجة للإدارة السيئة، لأنها تتشكل دائماً في سوء صيانة الآلات جيداً أو في التغير في نوعية المواد المستخدمة في التصنيع، أو حالات في العمل لايمكن ضبطها.

اقترح ديمنغ اعتبار خط الإنتاج، كسيل من الفعاليات، تبدأ بالمواد الخام وتنتهي بالمواد المصنعة. بإمكاننا قياس كل فعالية، لذلك لكل فعالية متغيراتها الخاصة تبعاً للمسببات البيئية. يجب على الهيئة الإدارية بدلاً من انتظار تجاوز المنتج الأخير الحدود الاعتباطية للمتغيرات، البحث عن متغيرات كل فعالية على حدة. والمتغير الأغلب في الفعاليات هو الذي يتحتم مواجهته. تبرز فعالية أخرى بمجرد تخفيف التغاير، تصبح بدورها «المتغير الأغلب»، ويجب علينا حينها مواجهته. لذلك تصبح مراقبة الجودة سلسلة من العمل المستمر، من جهة

المتغير الأغلب لخط الإنتاج الدائم العمل فيه.

ظهرت النتيجة النهائية لأسلوب ديمنغ في السيارات اليابانية، التي لا تحتاج لأي تصليح جوهري بعد 100،000 ميل أو أكثر، وفي البواخر التي تحتاج إلى قليل من الصيانة، وفي إنتاج الفولاذ من غير تباين النوعية بين إنتاج وآخر، وفي نتائج أخرى في مجال الصناعة تكون فيها متغيرات النوعية تحت المراقبة.

طبيعة مراقبة الجودة

قام والتر شوهارت Walter Shewhart من مختبرات شركة الهاتف بل وفرانك يودن Frank Youden من المكتب القومي للمقاييس، بتقديم الثورة الإحصائية إلى عالم الصناعة، بتنظيم البرامج الأولى في مراقبة الجودة الإحصائية في الولايات المتحدة في العشرينات والثلاثينات. جاء ديمنغ ونقل الثورة الإحصائية إلى مكاتب الإدارة العليا. في كتابه تخطي الأزمات الذي يخاطب فيه المدراء ذوي معرفة قليلة بالرياضيات، أشار إلى أن هناك أفكاراً كثيرة غامضة لايمكن استعمالها في التصنيع. يجب أن يكون مكبس السيارة مستديراً؛ ولكن هذه الجملة لا تعني شيئاً إلا إذا كان هناك طريقة لقياس استدارة مكبس معين. ولتحسين نوعية منتج ما، يجب قياس نوعية المنتج. ولقياس خصائص المنتج يجب تعريف هذه الخاصية (الاستدارة في هذه الحالة) ولأن معظم القياسات بطبيعتها، متغيرة، تحتاج مراحل التصنيع أن تعين متغيرات التوزيع لهذه المقاسات. مثلما حاول

كارل بيرسون إيجاد دليل التحول في الاختلافات التي تطرأ على المتغيرات، أصر ديمنغ على أن مسؤولية متابعة متغيرات التوزيعات القياسية، وتغيير الجوانب الأساسية لمراحل التصنيع من أجل تحسين هذه المتغيرات تقع على عاتق الإدارة.

قابلت لأول مرة إيد ديمنغ في أحد المؤتمرات الإحصائية في السبعينيات. رجل طويل القامة وصارم في ملامحه عندما يتكلم بأمر هام. كان ديمنغ ذا شخصية فذة مقارنة بغيره من الإحصائيين. كان من النادر أن ينهض بعد حديث ما لينتقد أحداً، ولكنه كان يأخذ الشخص جانباً بعد الجلسة لينتقده لعدم مقدرته على فهم، ما هو واضح بالنسبة لديمنغ. لكنه يتخلى عن تلك الملامح الصارمة والناقدة عندما يكون بين أصدقائه. لقد رأيت شخصيته العامة. كان معروفاً بلطفه وتقديره للعاملين معه، وبنشاطه، وتهذيبه، وحب الفكاهة، وباهتمامه بالموسيقى. قام بالغناء مع مجموعة من المنشدين، وعزف على الطبل والفلوت، ونشر عدة قطع أصلية من الموسيقى الدينية. كانت من إحدى منشوراته النسخة الجديدة لمقطوعة «راية النجوم والأشرطة» النسخة التي كان يقول فيها أنه تم إنشادها أكثر من النسخة المعتادة.

ولد ديمنغ في مدينة سيوكس Sioux، في ولاية إيوا، سنة 1900، والتحق بجامعة وايومنغ University of Wyoming، حيث درس الرياضيات مع رغبته الشديدة في الهندسة. تلقى درجة الماجستير في الرياضيات والفيزياء من جامعة كولورادو

University of Colorado. قابل زوجته أغنيس بل Agnes Belle، في الجامعة ثم انتقلا إلى ولاية كونيكتيكت سنة 1927، حيث بدأ بالتحضير للدكتوراه في الفيزياء في جامعة يل Yale University.

كان أول عمل لديمنغ في مجال الصناعة في محطة هوثورن Hawthorne[1] لكهرباء المنطقة الغربية في سيسرو Cicero في ولاية إلينوي Illinois، حيث عمل خلال فترة الصيف أثناء وجوده في يل. كان والتر شوهارت يضع أسس الأساليب الإحصائية لمراقبة الجودة في مختبرات بل في نيوجيرسي. وكانت محطة كهرباء الغربية جزءاً من شركة AT&T، أجريت المحاولات لتطبيق أساليب شوهارت في مصنع هوثورن، ولكن لاحظ ديمنغ أنهم لم يفهموا رسالة شوهارت جيداً. أصبحت مراقبة الجودة مجموعة من التلاعبات غير

(1) سمي مصنع هوثورن بهذا الاسم تبعاً لظاهرة عرفت بـ«أثر الزعرور البري». أجريت محاولة لقياس الفرق بين أسلوبين في الإدارة في الثلاثينات في مصنع هوثورن. فشلت المحاولة لأن العمال حسنوا من جهودهم في كلا الأسلوبين بشكل هائل، ذلك لأنهم كانوا يعلمون أنهم مراقبون بدقة. منذ ذلك الوقت، يستخدم مصطلح أثر هوثورن لوصف التحسن في حالة حدثت فقط بسبب التجربة. والحقيقة النموذجية هي أن المحاولات الطبية الضخمة، لمقارنة العلاج الجديد مع التقليدي والذي عادة ما نرى فيه تحسناً في صحة المريض، أكثر من الذي كنا نتوقعه من العلاج التقليدي المبني على التجارب السابقة. وهذا يزيد من صعوبة اكتشاف الفرق في الأثر بين العلاج التقليدي وبين العلاج الجديد.

المفهومة ومبنية على متغيرات مسموح بها. أعدت مجموعة المتغيرات غالباً، بحيث تكون نسبة الوقت الذي يستغرقه المنتج غير الكامل عن طريق مراقبة الجودة تساوي 5٪ أو أقل. قام ديمنغ بإلغاء هذه النسخة من مراقبة الجودة، لضمانه بأن نسبة 5٪ من العملاء لن يكونوا راضين.

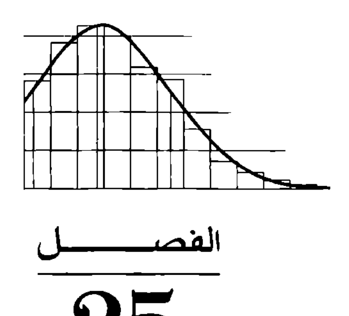
اتجه ديمنغ سنة 1927، ومعه الدرجة التي حصل عليها من جامعة يل إلى القسم الأمريكي للزراعة، وعمل هناك في تكنولوجيا العينات وتصميم التجارب لمدة اثنتي عشرة سنة. ترك الوظيفة الحكومية ليؤسس شركته الاستشارية، وبدأ بإجراء الحلقات العلمية عن استخدام مراقبة الجودة في مجال الصناعة. وامتدت الحلقات خلال الحرب العالمية الثانية، عندما قام بتدريب 2000 مصصم ومهندس. وبدأ هؤلاء الطلبة بإعطاء حلقات علمية في شركاتهم الخاصة، إلى أن بلغ نتاج تدريب أخصائيي مراقبة الجودة قرابة 30000 متدرب في نهاية الحرب.

أقيمت آخر حلقة علمية لديمنغ في العاشر من ديسمبر/ كانون الأول سنة 1993، في كاليفورنيا. شارك و. إدوارد ديمنغ العجوز البالغ من العمر ثلاثاً وتسعين عاماً، بالرغم من أن معظم حلقاته العلمية كان يجريها مساعدوه من الشباب. وفي العشرين من شهر ديسمبر/ كانون الأول، توفي ديمنغ في منزله في واشنطن العاصمة. أنشأ أصدقاؤه وعائلته معهد و. إدوارد ديمنغ في شهر نوفمبر/ تشرين الثاني سنة 1993، لتشجيع فهم منهج ديمنغ للمعرفة العميقة في زيادة التبادل الفكري والرخاء الاقتصادي والسلام.

ديمنغ واختبار الفرضية

بحثنا في الفصل الحادي عشر، في تطورات اختبار الفرضية لنيمان بيرسون، وكيف سيطر على معظم التحليلات الإحصائية الحديثة. كان ديمنغ ناقداً كبيراً لاختبار الفرضية. كان يسخر من انتشار استعمالاته الكبيرة لأن الاختبار، كما صرح، يركز على الأسئلة الخاطئة. وكما أشار لاحقاً: «إن السؤال العملي في الواقع ليس في الفرق بين دلالة علاجين (أ) و(ب). أو بمعرفة الفرق... مهما كان صغيراً (بينهما)... نستطيع أن نجد... عدداً من التكرارات للتجربة... التي (قد تعطينا الدلالة)». وبالتالي فإن إيجاد الفرق الدلالي بالنسبة لديمنغ مسألة لا تهمه مطلقاً، بل إن إيجاد درجة الاختلاف هو الأمر الهام لديه. أشار ديمنغ علاوة على ذلك، أن درجة الاختلاف الموجودة في حالة تجريبية قد لا تتشابه مع حالة أخرى. لا يمكن استخدام الأساليب القياسية للإحصاء، حسب مفهوم ديمنغ، بمفردها لحل المسائل. هذا التحديد والتقييد للأساليب الإحصائية هام جداً. وكما وضعها ديمنغ، «يحتاج خبراء الإحصاء أن يبدوا اهتماماً أكثر بالمسائل، ويتعلموا ويعلموا الاستدلال الإحصائي والقيود التابعة لذلك. كلما ازداد فهمنا للحدود الإحصائية وللاستدلالات... لمجموعة من النتائج، كلما ازدادت أهمية الاستدلال».

سننظر في الفصل الأخير من هذا الكتاب إلى حدود الاستدلالات الإحصائية التي حذر منها ديمنغ.



الفصل

25

نصيحة من السيدة ذات الرداء الأسود

بالرغم من سيطرة علماء النظريات من الرجال على تطور الأساليب الإحصائية في بداية القرن العشرين، وفي الوقت الذي التحقت فيه بالمهنة في سنة 1960، كانت هناك مجموعة من السيدات في مناصب عالية، خاصة في مجال الصناعة وفي الدوائر الحكومية. كانت جودث غولدبيرغ Judith Goldberg تعمل في شركة السيناميد الأمريكية، بينما ترأست باولا نورورود Paula Norwood العاملة في صيدليات جونسون أقسام الإحصاء في شركات الصيدلة. وكانت مافيز كارول Mavis Carroll مسؤولة عن توزيع الخدمات الرياضية والإحصائية لشركة الأطعمة الشاملة. وكانت السيدات في واشنطن العاصمة مسؤولات عن مكتب الإحصاء السكاني، ومكتب إحصائيات العمال، وفي المركز الوطني لإحصائيات الصحة، وغيرها.

كذلك في المملكة المتحدة وأوروبة. مررنا في الفصل التاسع عشر ببعض الأدوار التي قامت بها بعض السيدات لتطوير منهج علم الإحصاء.

كانت تجارب السيدات اللواتي صنعن لأنفسهن شهرة في عالم الإحصاء غير عادية. لفتن كلهن الأنظار بأعمالهن. كان تطورهن وإنجازاتهن فريدة من نوعها. لا يستطيع المرء الإشارة إلى إحداهن بالبنان لتميزها عن مثيلاتها في مجال الإحصاء، كما لا يستطيع أحد أن يشير إلى رجل إحصاء بالبنان لتميزه عن غيره. قد يكون من المثير أن نتفحص عمل إحدى السيدات التي صعدت إلى الشهرة في مجال الصناعة والحكومة. كانت ستيلا كانليف Stella Cunliffe من بريطانيا العظمى أول امرأة تأخذ لقب رئيسة المجتمع الإحصائي الملكي. يعتمد معظم هذا الفصل على خطاب الرئيسة السنوي، والتي قدمته للناس في الثاني عشر من نوفمبر سنة 1975.

يشهد الذين عرفوا أو عملوا مع ستيلا كانليف على رحابة صدرها وحسن دعابتها، وحكمها على الأشياء بحصافة، وقدرتها على التقليل من صعوبة النماذج الرياضية إلى مصطلحات مفهومة للعلماء الذين كانت تتعاون معهم. ظهرت معظم هذه المزايا في خطابها، كانت تنادي في خطابها أعضاء المجتمع الملكي الإحصائي، وتطالبهم بعدم تقليل جهودهم تجاه تطوير النظرية التجريدية، وزيادة تعاونهم مع العلماء في جميع المجالات. كتبت، على سبيل المثال: «لا فائدة من كون

عالم الإحصاء متشامخاً على الأساليب المتهورة لكثير من علماء الاجتماع، إلا إذا كنا مستعدين لإرشادهم إلى فكر علمي مقبول. ولفعل ذلك يجب ان يكون هناك تفاعل بين الطرفين». قامت بالاستخدام المتكرر للأمثلة عند حدوث الأمور غير المتوقعة في مراحل إجراء التجربة. «قد تتحطم أدق محاولات التخمير في محطة البحث المنظمة، بسبب سائق شاحنة أحمق يريد الوصول إلى منزله مسرعاً لاحتساء الشاي، باتباع أقصر الطرق عبر الحقول».

درست ستيلا كانليف الإحصاء في مدرسة لندن للاقتصاد في نهاية الثلاثينات. كان من الممتع البقاء هناك في ذلك الوقت. تطوع عدد من الطلبة وبعض أعضاء الكلية للخدمة في الحرب الأهلية الإسبانية ضد الفاشيين. أعطي رواد الاقتصاد، والرياضيات وغيرهم من العلماء الناجين من النازيين الألمان، مناصب مؤقتة في الجامعة. كان العالم يعاني عندما غادرت الجامعة، بعد ما تلقت درجتها الجامعية، من الركود الاقتصادي الفظيع Great Depression. كان العمل الوحيد الذي حصلت عليه مع شركة اللحم المقدد الدانمركية، «والتي كان استخدام الإحصاء الرياضي فيها قليلاً، وكان يُنظر إلي باستغراب لأنني أخصائية إحصاء، خصوصا لكوني امرأة»، انشغلت كانليف بقدوم الحرب العالمية الثانية، بمسائل توزيع حصص الطعام، وظهرت فائدة مهاراتها الرياضية.

تطوعت بعد الحرب بسنتين للمساعدة في أعمال الإغاثة

في أوروبة المدمرة. كانت أول واحدة تصل إلى روتردام Rotterdam، في هولندة Netherlands، في الوقت الذي كان فيه الجيش الألماني يستسلم، وكان الناس يعانون من الجوع. انتقلت للمساعدة بسرعة في معسكر ضحايا الاعتقال في بيرغن بلسن Bergen Belsen بعد التحرر. وأنهت عملها الشاق في مخيمات المرحلين من منطقة الاحتلال البريطاني. عادت كانليف من عملها التطوعي مفلسة وعرضت عليها وظيفتان. إحداهما كانت في وزارة التغذية، في قسم «الزيوت والدهون». والوظيفة الأخرى كانت في شركة غينيس للتخمير، والتي قبلتها. فلنذكر وليام سيلي غوسيت، الذي كان ينشر تحت اسم مزيف «الطالب»، وهو الذي انشأ قسم الإحصاء في غينيس. وصلت ستيلا إلى هناك بعد عشر سنوات من موت غوسيت،ولكن تأثيره في غينيس كان قوياً، وسمعته موقرة ومازالت قواعد التجارب التي اكتشفها تسيطر على العمل العلمي.

الإحصاء في غينيس

كان العاملون في غينيس يؤمنون بمنتجهم، وبالتجارب الدائمة التي كانت تُجرى لتحسينه.

لم يتوقفوا عن التجربة لمحاولة إنتاج منتج مستقر واقتصادي قدر الإمكان، حتى بوجود متغيرات في المواد الأولية، وظروف الطقس والتربة المتفاوتة، واختلاف الشعير

كذلك. كانوا يتعالون ويتفاخرون بمنتجهم ما إذا كان معروفا أم لا، ودعاهم هذا التفاخر أن لا يلجأوا للإعلان عن الشركة حتى سنة 1929 - كان الإحساس موجوداً عندما غادرت - إن غينيس هي أفضل بيرة في السوق، وبأنها لا تحتاج إلى ترويج إعلاني لأن جودتها تكفي لرواجها. وأنه يجب الشعور بالأسى لمن لا يشربها بدلاً من محاولة ترويجها له!

تصف كانليف أيامها الأولى في غينيس فتقول:

> عند وصولي إلى مخمرة دبلن Dublin Brewery «للتمرين»، وكنت قد اعتدت على الحياة الحرة والممتعة في ألمانيا، وقفت في صباح أحد الأيام أمام مشرفة «الموظفين من السيدات» في مخمرة دبلن. لقد كان النظر إليها ممنوعاً، كانت مغطاة بالسواد مع بضع شرائط حول الرقبة، مربوطة بعظم الحوت... تركت في نفسي انطباعاً بالامتياز لاختياري للعمل في غينيس، وقامت بتذكيري بضرورة ارتداء الجوارب والقبعة، وإذا حالفني الحظ وقابلت أحداً في الممر من الأشخاص المعروفين من «مُخمّري الجعة»، فلا يحق لي التعرف عليه بل عليّ خفض بصري حتى يمر.

هكذا كانت مكانة المرأة في عالم الطبقية في شركة غينيس للتخمير سنة 1946.

تمكنت كانليف بسرعة من إثبات مكانتها في غينيس، وأصبحت منهمكة في التجارب الزراعية في أيرلندة. لم تكن

سعيدة بجلوسها على مكتبها تحلل البيانات التي يرسلها خبراؤها الميدانيون. كانت تخرج إلى الميدان لترى بنفسها ما يحدث. (سينجح كل إحصائي جديد يتبع نهجها. من المدهش أن معظم من ينقل وصف تجربة ما من غيره ممن يعلوه في الترتيب الإداري، لا يتوافق نقله ووصفه مع حقيقة ما يحدث).

كم وكم من صباح رطب بارد تجدني فيه في السابعة صباحاً أرتجف وأتضور جوعاً في الحديقة، بينما كنت أؤدي دوراً هاماً في تجربة حيوية. استخدمت كلمة «حيوية» عمداً لأن قبول التجربة الحيوية من قبل الإحصائي، سيولد الحماسة المشتركة بين صانع التجربة والإحصائي، وأؤكد هنا أن إسهامه هذا للعمل هو أقل ما يمكن تقديمه. من مشاكلنا الرئيسية كإحصائيين أنه يجب أن نكون مرنين: يجب أن نستعد للتحول من مساعدة أخصائي الأحياء الدقيقة في إنتاج سلالة جديدة من الخمائر؛ إلى مساعدة أخصائي الزراعة في تحسين نوعية إنتاج الروث الناتج بسبب تغذية معينة للقطيع؛ إلى مناقشة عالم فيروسات في إنتاج الأجسام المضادة لمرض نيوكاسل؛ إلى مساعدة الموظف الطبي في تعيين آثار الغبار على الصحة، في محلات الشعير المنقوع بالملت؛ إلى نصيحة المهندس في تجاربه حول منتج، وطريقة حمله على السيور الأتوماتيكية؛ إلى تطبيق نظرية الانتظام في المقصف؛ أو في مساعدة عالم نفس في اختبار نظرياته لمجموعة من التصرفات.

تمثل هذه القائمة لأنواع المشاركات، نمطاً لطبيعة عمل

الإحصائي في مجال الصناعة. ، كان لدي تداخلات مع كيميائيين من تجربتي الخاصة، وأخصائيي عقاقير وسموم وعلماء في الاقتصاد، وأطباء وإداريين (ممن طورنا لأجلهم نماذج عمليات البحث لاتخاذ القرارات). وهذا مما يجعل العمل اليومي للإحصائي ممتعاً. إن أساليب الإحصاء الرياضي متوفرة في كل زمان ومكان، والإحصائي قادر على المشاركة غالباً في كل الأنشطة، والفعاليات تماماً مثل الخبير في صياغة الرياضيات.

التغير غير المتوقع

تقول ستيلا كانليف متأملة في خطابها عن المصدر العظيم للتغاير الإنسان بوصفه نوعاً بيولوجياً:

> كان من دواعي سروري أن أكون مسؤولة عن تجارب التذوق والشرب، والتي لها دور واضح لتطوير ذلك المشروب اللذيذ عند غينيس. ولهذا السبب بدأت بملاحظة أنه من المستحيل إيجاد أشخاص غير متحيزين، أو مجحفين، أو لهم مزاج خاص مما يجعل الأمر رائعاً. . . لكل مناً تحامل تجاه بعض الحروف، أو الألوان وكلنا يؤمن بالخرافات. تصرفاتنا كلها غير عقلانية. أتذكر تجربة باهظة الثمن أعدت لاكتشاف أفضل درجة حرارة للبيرة، شملت أشخاصاً يتذوقون البيرة بدرجات حرارة مختلفة في غرف بدرجات حرارة مختلفة كذلك. كان الرجال يجرون إلى أعلى وإلى أسفل، وهم يرتدون الرداء الأبيض يحملون معهم أوعية

> ماء مملوءة بالبيرة بدرجات حرارة مختلفة، امتلأت موازين الحرارة وظهر جو من الصخب والاهتياج. تم التعرف على البيرة من الأختام التاجية الملونة، وكانت النتيجة الوحيدة الواضحة المعالم لهذه التجربة... أن لائحة الشاربين أظهرت أن ما يهمهم هو لون الختم التاجي، ولم تعجبهم البيرة ذات الختم التاجي الأصفر.

تصف تحليلات لسعة براميل البيرة الخشبية. كانت البراميل يدوية الصنع، وتم قياس سعتها لتقرير ما إذا كان حجمها مناسباً. كان على المرأة التي تقوم بالقياس أخذ وزن البرميل فارغاً، ومن ثم ملؤه بالماء، ووزنه وهو مملوء. فإذا اختلف وزن البرميل عن الوزن المناسب، بأن ينخفض مستواه بقدر ثلاثة مقادير أو يرتفع المستوى بسبعة مقادير، يحول الأمر إلى التعديلات. يتابع الإحصائي، كجزء من الخطوات المتقدمة لمراقبة الجودة، حجم تعبئة البراميل والبراميل المطروحة. ويفحص الرسم البياني لأحجام التعبئة. لاحظت كانليف وجود عدد كبير وغير عادي من البراميل، التي وصلت للحد المطلوب بصعوبة، وعدد قليل وغير عادي من البراميل خرجت عن الحد المطلوب. قاموا بفحص حالة السيدة التي وزنت البراميل عند عملها. كان مطلوباً منها أن ترمي البرميل المطروح في ركام عال، وتضع البراميل المقبولة على السير. كان مكان الوزن فوق أعلى الصندوق الذي توضع فيه البراميل المطروحة كما اقترحت كانليف. فكل ما كان عليها فعله هو رمي البرميل المطروح إلى

الأسفل في الصندوق. لم نعثر على الفائض من البراميل التي وصلت إلى الحد بصعوبة.

ترقت ستيلا كانليف لترأس قسم الإحصاء في غينيس. استخدمتها سنة 1970، وحدة الأبحاث في المكتب البريطاني، الذي يراقب هيئة الشرطة، ومحاكم الجنايات والسجون.

كانت هذه الوحدة مهتمة بشكل رئيسي بالمسائل الإجرامية. وجدت نفسي أغوص وأنتقل... من العمل الدقيق المصمم بحذر، القابل للتحليل بجدارة الذي كنت أقوم به في غينيس، إلى مكان لا أصفه إلا كعالم خيال ووهم، لعالم الاجتماع وإذا تجرأت في القول، في بعض الأحيان لعالم النفس... إنني لا أقلل من قدرات الباحثين في وحدة المكتب البريطاني... على كل حال، لقد كان الأمر مدهشاً بالنسبة لي بأن هذه المفاهيم في إعداد الفرضية الصفرية، من تصميم دقيق للتجربة، وعينات ملائمة، وتحليلات إحصائية دقيقة، وتقييم مفصل للنتائج والتي عملت فيها لوقت طويل، إنها غير مطبقة بشكل دقيق أو مقبولة حتى في مجالات علم الاجتماع.

يتم كثير من «الأبحاث» في علم الجريمة عن طريق تجميع البيانات لوقت طويل، ومن ثم فحص آثارها الممكنة على السياسة العامة. قارنت إحدى التحليلات بين طول العقوبة المعطاة للبالغ الذكر، مقابل نسبة الرجال الذين أعيدت إدانتهم بعد سنتين من الإفراج عنهم. أوضحت النتائج أن نسبة السجناء الذين حكم عليهم بمدة قليلة أعلى في الارتداد للجريمة. اعتُبر هذا كدليل بأن

العقوبة الطويلة انتزعت المجرمين المعتادين من الشوارع.

لم تكتفِ كانليف بجدول بسيط لنسب الارتداد إلى الجريمة مقابل تطويل العقوبة. أرادت أن تتفحص البيانات الأصلية خلف ذلك الجدول. وكانت العلاقة القوية متوقعة، في أقسام كبيرة، لارتفاع نسبة الارتداد إلى الجريمة بين السجناء الذين حكم عليهم لمدة ثلاثة أشهر أو أقل. تبين من خلال الفحص الدقيق، أن معظم هؤلاء السجناء كانوا من «كبار السن، والرجال المثيرين للشفقة، والمكسورين والمجانين (الذين) انتهى بهم الحال إلى السجن، لأن مستشفيات الاضطرابات العقلية لم تتكفل بهم. فهم يمثلون فرقة تدور في حلقة مفرغة». وفي الحقيقة وبسبب احتجازهم المتكرر، استمر ظهور نفس الأشخاص مراراً، ولكن بينما اعتبروهم أشخاصاً مختلفين عند وضع الجدول، تحدث باقي الآثار الواضحة للعقوبة الطويلة على المرتدين للجريمة في الطرف الآخر من الجدول، عند السجناء ذوي أحكام بعشر سنوات أو أكثر، والذين تساوي نسبتهم أقل من 15٪. «لعامل السن دور كبير في هذه المسألة أيضاً»، كما كتبت، «عامل بيئي كبير وعامل إساءة أيضاً. يبدو أن الاحتيالات الكبرى والتزوير، تجذب المحكومين بالعقوبة الطويلة، ولكن من النادر لمن يرتكب جريمة احتيال ضخمة أن يرتكب أخرى». وهكذا، وحسب تعديلاتها في الجدول للحالتين الخارجتين عن القياس، تختفي العلاقة الواضحة بين طول فترة العقوبة ونزعة الارتداد للجريمة.

كتبت قائلة:

> أعتقد أنه حتى ما يسمى «بإحصائيات المكتب المظلم» بأنها رائعة... يبدو لي أن من إحدى وظائف الإحصائي النظر إلى الأشكال الإحصائية، ليستفهم عن سبب ظهورها بالشكل التي هي عليه... أحاول أن أكون بسيطة في فكري هذه الليلة، ولكنني أعتقد أنه من ضمن وظيفتنا أن نقدم الأشكال الإحصائية وكأنها ممتعة، وأما إذا، بدت مملة للشخص الذي نوضحها له ، عندئذ إما أن نكون عرضناها بشكل سيئ، أو أن الأشكال الإحصائية غير ممتعة. لا أعتقد أن إحصائياتي في المكتب البريطاني كانت مملة.

شجبت كانليف نزعة موظفي الدولة باتخاذ القرارات من غير فحص دقيق للبيانات المتوفرة:

> لا اعتقد أن هذه غلطة عالم الاجتماع، أو المهندس الاجتماعي أو المخطط... ولكن يجب إحالة الخطأ بقوة على عاتق الإحصائي. لم نتعلم كما يجب خدمة هذه المفاهيم غير العلمية، ولذلك لم تتم الموافقة علينا كأفراد، بإمكانهم المساعدة في توسيع المعرفة... تكمن قوة عالم الإحصاء في المجالات التطبيقية، حسب خبرتي... في القدرة على إقناع الآخرين بصياغة أسئلة تحتاج إلى إجابات؛ وأن نضع في اعتبارنا فيما إذا كان يمكن الحصول على إجابات لهذه الأسئلة باستخدام الأدوات المتوفرة للباحث؛ وبمساعدته في إعداد نظريات صفرية مناسبة؛

وبتطبيق مفاهيم صارمة لتصاميم التجارب.

وحسب تجربتي الخاصة، فإن محاولة صياغة مسألة حسب النموذج الرياضي، يجبر العالم على فهم ما هو السؤال المطروح فعلاً. غالباً ما يوصلنا الفحص الدقيق للمصادر المتوفرة، إلى نتيجة أنه من غير الممكن الإجابة عن السؤال بتلك المصادر. أعتقد أن من أعظم إنجازاتي كإحصائية كان في عدم تشجيع الآخرين، لمحاولة إجراء التجارب حتمية الفشل لقلة المصادر الملائمة. نحتاج في البحث الطبي مثلاً، وعند طرح الأسئلة، إلى دراسة تشمل مئات الألوف من المرضى، وحينها يعاد النظر في أهمية الإجابة عن ذلك السؤال أم لا.

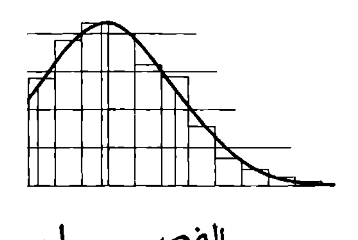
الرياضيات المجردة إزاء الإحصائيات النافعة

قامت ستيلا كانليف بالتركيز على العمل الجاد لجعل التحليلات الإحصائية مفيدة. كانت تزدري دائماً الرياضيات المطولة والمعقدة فقط لكونها رياضيات، وانتقدت النماذج الرياضية الموجودة.

تعتمد على التخيلات وتنقصها الحقيقة... الكثير من العناصر المتتالية، والاهتمام بالعينات الجانبية، والتسلية وجمال المفاهيم، ولكن تنقصها المتانة والحقيقة نفسيها. يبدو لي أن الأناقة الشكلية المبهجة على حساب التطبيق، إذا تجرأت على القول، إنها في الغالب من سلوك الرجال... نتعلم نحن الإحصائيين كيف نحسب... بدقة رياضية... (ولكننا) لسنا

جيدين في إقناع العامة أن نتائجنا تستحق الانتباه. ولن ننجح إذا فعلنا ذلك حتى لو استشهدنا «أن قيمة P تساوي أقل من 0,001» لكل من لا يدرك عِلْمنا سواءً رجلاً كان أم امرأة، يجب أن نشرح نتائجنا بلغتهم السائدة، وأن نطور قدراتنا في الإقناع.

حلّقت ستيلا كانليف في عالم الإحصاء، وارتقت من غير قبعة، رافضة أن تجعل نفسها المرؤوسة الخاضعة لرؤسائها في المخمرة، تطلق العنان لفضولها العلمي الحي بكل مرح، وتنتقد أساتذة الإحصاء الرياضي الكبار الذين أتوا لسماع خطابها. مازالت ستيلا ولحين كتابة هذا الكتاب، تحضر اجتماعات المجتمع الملكي الإحصائي، تغير في الحجج الرياضية بذكائها الحاد.



الفصل

26

خطى المارتينغيل

يعتبر قصور القلب الاحتقاني أحد المسببات الرئيسية المؤدية للموت في هذا العالم. وبالرغم من أنه غالباً ما يصيب النساء والرجال في ريعان شبابهم، فهو في نهاية الأمر مرض يصيب الكبار. يعتبر قصور القلب الاحتقاني أو أحد مضاعفاته، سبباً لنصف الوفيات في الولايات المتحدة لمن هو فوق الخامسة والستين من عمره، فهو أكبر مسبب للموت بالنسبة للصحة العامة؛ ومسبب أيضاً لأمراض رئيسية بين الأحياء. كما أن دخول المستشفى المتكرر، والخطوات الطبية المعقدة المستخدمة للحفاظ على استقرار حالة المرضى بقصور القلب الاحتقاني، عامل كبير في تكاليف خدمات الدولة الطبية العامة. هناك اهتمام مركز لإيجاد عناية فعالة في العيادات الخارجية، بحيث تقلل من نسبة حالات الدخول إلى المستشفى وفي تحسين نمط حياة هؤلاء المرضى.

لسوء الحظ، فإن مرض قصور القلب الاحتقاني ليس بالمرض البسيط الذي يمكن أن نعزيه إلى عامل معدٍ، أو ممكن تخفيفه عن طريق سد أحد الممرات الأنزيمية. من الأعراض الأساسية لقصور القلب الاحتقاني، هو زيادة ضعف عضلة القلب. يصبح القلب أقل استجابة لأوامر الهرمونات التي تنظم دقاته، وقوة الانقباض والانبساط حسب احتياجات الجسم المتغيرة. يزداد حجم عضلة القلب فتصبح هشة. ويستفحل السائل في الرئتين والرسغين. وتصيب المريض اللهثة بمجهود بسيط. إن نقصان كمية الدم المندفع إلى الجسم يعني نقصان مستوى الدم في الدماغ، عندما تحتاج المعدة للدم حتى تهضم الوجبة، ويصيب المريض الاختلاط الجسمي والذهني، وينام لفترات طويلة.

ولتحقيق التجانس، تتكيف القوى الحيوية عند المريض مع نقصان عطاء القلب. يتغير توازن الهرمونات التي تنظم القلب وعضلات أخرى للكثير من المرضى، حتى يصل إلى حالة مستقرة نسبياً، يكون فيها المستوى الهرموني ومدى الاستجابة «غير طبيعي». إذا قام الطبيب المعالج بمعالجة هذا التوازن غير الطبيعي بالأدوية، مثل مضادات مستقبلات بيتا، أو حاصرات قناة الكالسيوم، قد تكون النتيجة تحسناً في حالة المريض. وقد تؤدي المعالجة بتخطي الحالة المستقرة التي بلغناها بشق الأنفس إلى تأخر الحالة. إن استفحال السائل في الرئتين هو أحد الأسباب الرئيسية لموت المرضى المصابين بقصور القلب

الاحتقاني (الاستسقاء هو الاسم العلمي). يستخدم الطب الحديث مدرّات البول الفعالة، والتي تقلل من مستوى السائل. كما قد تسبب هذه المدرّات نفسها، خلال هذه المرحلة، مشاكل جديدة في التغذية الاسترجاعية بين الهرمونات الناتجة من الكلية، والهرمونات التي يستجيب إليها القلب.

يستمر البحث في الحصول على المعالجات الطبية الفعالة لإطالة حياة هؤلاء المرضى، ولتقليل نسبة إدخالهم إلى المستشفى، ولتحسين نمط حياتهم. وبما أن لبعض المعالجات آثاراً مضادة للإنتاج عند بعض المرضى، لذا يجب على أي دراسة طبية لهذه المعالجات، أن تأخذ بعين الاعتبار بعض الخصائص المعينة للمرضى. وبهذه الطريقة، يمكن لتحليلات البيانات النهائية في مثل هذه الدراسة، أن تتعرف على المرضى من خلال مدى فعالية العلاج لديهم . قد تصبح التحليلات الإحصائية لدراسات مرضى قصور القلب الاحتقاني صعبة إلى أبعد الحدود.

إن السؤال الأول الذي يطرح عند تصميم مثل هذه الدراسة هو ماذا نقيس. بإمكاننا مثلاً أن نقيس معدل عدد المرات التي أُدخل فيها المرضى الخاضعون لمعالجة معينة إلى المستشفى. هذا مقياس شامل غير مصقول تنقصه بعض الجوانب الهامة مثل عمر المريض، حالته الصحية السابقة، وعدد مرات إدخاله للمستشفى وطول المدة. من الأفضل اعتبار الفترة الزمنية لكل مريض ومرضه، آخذين بعين الاعتبار عدد

مرات إدخاله إلى المستشفى، وطول مدتها، وفارق الزمن بينها وبين المرة السابقة، وقياس نمط الحياة بين فترات إدخاله للمستشفى، وتعديل كل هذه النتائج حسب عمر المريض واحتمالية وجود أمراض أخرى. قد يبدو هذا مثالياً من وجهة النظر الطبية، ولكن تعترضه بعض المشاكل الإحصائية الصعبة. لا يوجد هناك رقم فردي يصاحب كل مريض، بل إن سجل المريض عبارة عن فترات الأحداث الزمنية، بعضها مكرر، ويُقاس الآخر بقياسات متعددة. سيكون لـ «قياسات» هذه التجربة متعددة المستويات، ومعامل التوزيع الذي يجب حساب متغيراته، بنية متعددة الأبعاد.

العمل النظري المبكر

كان أول من بدأ حلّ هذه المسألة، هو عالم الرياضيات الفرنسي بول ليفي Paul Levy، وهو ابن وحفيد عالِمَي رياضيات أيضاً. ولد سنة 1886، واكتُشفت مواهبه منذ الصغر. تنقل حسب ما كان متعارفاً عليه في فرنسا آنذاك، بين مجموعة من المدارس الخاصة للأطفال الموهوبين الفائزين بمرتبة الشرف الأكاديمية. تلقى جائزة المسابقة العامة Prix du Concours General في اللغة اليونانية والرياضيات عندما كان في مرحلة ما قبل العشرين؛ وجائزة الامتياز في الرياضيات والفيزياء والكيمياء في معهد سانت لويس Lycee Saint Louis؛ وجائزة أول مسابقة دخول في جامعة نورمال سوبيريير Ecole Normale Superieure

وجامعة التقنيات المتعددة Ecole Polytechnique. تلقى شهادة الدكتوراه في العلوم سنة 1912 عن عمر يناهز السادسة والعشرين، وكانت رسالته أساساً لكتابه الهام عن التحليل الدالي المجرد. أصبح بول ليڤي بروفيسوراً في جامعة التقنيات المتعددة، وعضواً في أكاديمية العلوم عند بلوغه الثالثة والثلاثين من العمر، وكان عمله في النظريات التجريدية في التحليلات هو ما جعله مشهوراً عالمياً. طُلب منه سنة 1919 أن يحضر سلسلة من المحاضرات عن النظرية الاحتمالية، وبدأ حينها في تفحص عمق الموضوع لأول مرة.

لم يكن بول ليڤي مقتنعاً بالنظرية الاحتمالية كمجموعة من الأساليب الحسابية المعقدة. (لم يقدم أندريه كولموغوروف إنجازه بعد). بدأ ليڤي بالبحث عن مفاهيم رياضية أساسية ومجردة تسمح له بتوحيد هذه الأساليب. قابله اشتقاق دي موافر de Moivre للتوزيع الطبيعي» ونظرية فولك folk theorem «لعلماء الرياضيات ـ الذين يقولون إنه يمكن تطبيق نتائج دي موافر على حالات أخرى عُرفت بعدها بـ «نظرية النهاية المركزية». رأينا سابقاً كيف تمكن ليڤي أخيراً (مع ليندبيرغ في فنلندة) في بداية الثلاثينات من إثبات نظرية النهاية المركزية، وحدد الظروف الضرورية لتحقيقها. وهكذا بدأ ليڤي بصيغة التوزيع الطبيعي وبدأ بالعمل عكسياً، متسائلاً عن الخصائص الفريدة لهذا التوزيع التي تجعله يظهر في كثير من الحالات.

عالج ليڤي بعد ذلك المسألة بطريقة أخرى، متسائلاً عن

الأوضاع الخاصة التي تؤدي إلى التوزيع الطبيعي. وجد أن مجموعة بسيطة مؤلفة من حالتين تضمن توزيع البيانات. ليست هاتان الحالتان فقط الطريقة الوحيدة للحصول على التوزيع الطبيعي، ولكن إثبات ليڤي لنظرية النهاية المركزية قدم المجموعة الأكثر شمولاً من الحالات التي نحتاج إليها دوماً. كانت هاتان الحالتان ملائمتين، للوضع الذي يكون لدينا فيه سلسلة من الأرقام الناتجة عشوائياً، واحداً تلو الآخر:

1. يجب أن يكون التغاير مرتبطاً، بحيث لا تصبح القيم الفردية غير متناهية في كبرها أو صغرها.
2. أفضل حساب للرقم التالي هو قيمة الرقم الأخير.

أطلق ليڤي على هذه المتسلسلة الـ «مارتينغيل».

استوحى ليڤي كلمة مارتينغيل من مصطلح يستخدم في القمار، وهو أسلوب في القمار يُضاعف فيه المبلغ المقامر عليه عند كل خسارة. فإذا كانت فرصته في الفوز تعادل 50:50، فإن الخسارة المتوقعة تساوي خسارته السابقة. يوجد معنيان آخران للكلمة. الأول وصف لوسيلة يستخدمها المزارعون الفرنسيون لإبقاء رأس الحصان إلى أسفل، حتى لا ينتصب على قائمتيه الخلفيتين. وهذا السير يجعل رأس الحصان في وضعية يستطيع أن يحركه عشوائياً، ولكن الوضع الأكثر توقعاً في المستقبل هو ما عليه الرأس الآن. والمعنى الثالث هو مصطلح يستخدم في الملاحة، فالمارتينغيل هي قطعة خشبية ثقيلة تنزل من شراع السارية لإبقائها ثابتة. وهنا أيضاً نجد أن الوضع الأخير للسارية

هو أفضل توقع للوضع التالي. الكلمة نفسها مشتقة من اسم سكان مدينة فرنسية تدعى مارتيك Martique عُرفوا في الأساطير ببخلهم، لذلك فإن أفضل حساب لأقل كمية من المال، يمكن أن يعطوها في الأسبوع التالي، هي الكمية القليلة نفسها التي أعطوها في ذلك اليوم.

نجد بعد كل هذا أن سكان مارتيك البخلاء أعطوا اسمهم للتجريد الرياضي، الذي طور فيه بول ليڤي الخصائص الشحيحة الممكنة لمتسلسلة رقمية، تهدف إلى الحصول على توزيع طبيعي. أصبحت المارتينغيل في سنة 1940، وسيلة هامة في نظرية الرياضيات التجريدية. دلت متطلباتها البسيطة أنه يمكن عرض أنواع مختلفة من متسلسلات أرقام عشوائية كمارتينغيل. لاحظ في السبعينات أود أيلان Odd Aalen من جامعة أوسلو في النرويج Norway أن طريقة استجابة المرضى في التجارب الطبية يطلق عليها مارتينغيل.

المارتينغيل في دراسات قصور القلب الاحتقاني

هل تذكر المشاكل التي ظهرت في دراسة قصور القلب الاحتقاني. بدت استجابة المريض ذاتية الاستعداد. هناك تساؤلات حول تفسير وقائع مثل إدخال المريض للمعالجة إلى المستشفى، عندما تحدث في وقت مبكر في الدراسة، أو تحدث متأخرة (عندما يتقدم العمر بالمريض). وهناك تساؤلات أيضاً عن كيفية التعامل مع تكرار إدخال المريض إلى المستشفى، وطول

فترة الإقامة في المستشفيات. يمكن الإجابة عن كل هذه الأسئلة، باعتبار المارتينغيل سيل أرقام مأخوذاً عبر الزمن. أشار أيلان، أنه يمكن إخراج المريض من التحليلات، وإعادته إلى المستشفى بعد خروجه منها. يمكن اعتبار الإدخال المتعدد إلى المستشفى كحدث جديد كل مرة. ويحتاج المحلل في كل مرحلة زمنية، إلى معرفة عدد المرضى الموجودين في الدراسة (أو العائدين إليها)، وإلى عدد المرضى الذين دخلوا منذ البداية.

كان أيلان يعمل مع إيريك أندرسون Eric Anderson من جامعة آرهوس University of Aarhus في الدانمرك، وريتشارد غيل Richard Gill من جامعة أتريتش University of Utrecht في هولندة Netherlands، على استثمار الرؤية التي طورها وذلك في بداية الثمانينيات. أشرت في الفصل الأول من الكتاب، أن الأبحاث العلمية والرياضية نادراً ما تكون عملاً فردياً. إن منطق التجريد في الإحصائيات الرياضية متداخل، ومن السهل أن نخطئ فيه. ممكن أن نجد هذه الأخطاء فقط من خلال النقاشات والنقد بين الزملاء. زودنا العمل المشترك بين الثلاثة: أيلان وأندرسون وغيل، بأفضل التطورات المثمرة للمادة في العقود الأخيرة من القرن العشرين.

أكمل ريتشارد أولشن Richard Olshen والمشاركون معه من جامعة واشنطن ولي-جن واي Lee-Jen Wei من جامعة هارفرد، عمل أيلان وأندرسون وغيل، لإنتاج مجموعة ثمينة من الأساليب الجديدة، لتحليل سلسلة الأحداث التي قد تحدث في

التجربة الطبية. خصوصا ل.ج. واي الذي قام باستثمار حقيقة أن الفرق بين مارتينغلين هو أيضاً مارتينغيل آخر، لإلغاء الحاجة في حساب الكثير من المتغيرات للنموذج أو المثال. يسيطر اليوم اتجاه المارتينغيل على التحليلات الإحصائية للتجارب الطبية طويلة المدى للأمراض المزمنة.

كانت أسطورة بخل سكان مارتيك نقطة البداية، وكانت للرجل الفرنسي بول ليڤي، الرؤيا الأولى. شقت المارتينغيل الرياضية طريقها إلى عقول كثيرة، لها إنجازات عظيمة من الأمريكيين والروس والألمان والإنجليز والإيطاليين وكذلك الهنود، ثم قاد الأبحاث الطبية كل من نرويجي ودانمركي وهولندي. توسع أمريكيان في أعمالهما، وُلد أحدهما في تايوان. تملأ لائحة كاملة بأسماء مؤلفي الأبحاث والكتب في هذا الموضوع، والتي ظهرت منذ نهاية الثمانينات، الكثير من الصفحات، وتشمل عاملين من بلدان أخرى. أصبحت الإحصائيات الرياضية وبكل صدق إنجازاً عالمي الصنع.

الفصل
27

العلاج التجريبي

ظهرت في بداية الثمانينات، مشكلة لريتشارد بيتو Richard Peto، وهو أحد رواد الإحصاء الحيوي في بريطانيا العظمى. كان يقوم بتحليل نتائج التجارب الطبية، ويقارن بين أساليب علاج السرطان المختلفة بين المرضى، متبعاً تعليمات ر.آ. فيشر في تصميم التجربة. نختار للتجربة الطبية النموذجية مجموعة من المرضى ممن يحتاجون إلى العلاج، ثم نخضعهم عشوائياً، لأساليب مختلفة من التجارب العلاجية.

يجب أن تكون التحليلات واضحة نسبياً في مثل هذه البيانات. أُجريت المقارنة بين نسبة المرضى الذين قاوموا المرض لمدة خمس سنوات، وبين مجموعات العلاج الأخرى باستخدام أساليب فيشر. كان من الممكن إجراء مقارنة أخرى أكثر دقة، باستخدام اتجاه إيلان للمارتينغيل، لتحليل الزمن منذ

بدء الدراسة حتى وفاة كل مريض كمقياس أساسي لآثار المرض. كانت التحليلات في كلتا الحالتين مبنية على التوزيع العشوائي الأولي للمرضى في المعالجة. وحسب فيشر، لا يعتمد تخصيص علاج ما للمرضى كلياً على نتائج الدراسة، وبإمكاننا حساب قيم- p للاختبارات الفرضية.

كانت مشكلة بيتو في أنه لم يتم معالجة كل المرضى حسب توزيعهم العشوائي. فهؤلاء هم نفوس بشرية، تعاني من أمراض مؤلمة ومميتة في كثير من الحالات. شعر الطبيب المعالج بأنه مجبر على التنازل عن التجربة العلاجية، أو على الأقل على تعديلها إذا شعر أن ذلك لمصلحة المريض، إذ يكون الاتّباع الأعمى للمعالجة التحكّمية، من غير اعتبار حاجات المريض وردود أفعاله، أمراً غير أخلاقي. يتم تزويد المرضى، في مثل هذه الدراسات، بالعلاج الجديد في الوقت الذي يعتمد فيه اختيار العلاج تبعاً لاستجابة المريض، وذلك على عكس تعليمات فيشر.

كانت هذه مسألة نموذجية في دراسات مرض السرطان، وما زالت كذلك منذ أن ابتدأت هذه الدراسات في الخمسينات، إلى أن ظهر بيتو في الصورة. كانت الخطوات المتّبعة عبارة عن تحليل حالات المرضى الذين استمروا في المعالجة العشوائية فقط، وإلغاء كل المرضى الآخرين من التحليلات. لاحظ بيتو أن ذلك قد يؤدي إلى أخطاء جسيمة. فلنفترض مثلاً أننا نقارن بين معالجة فعالة وأخرى حيادية

Placebo، أي دواء حيوي لا تأثير له يعطى لإرضاء المريض. ولنفترض أن المرضى الذين لم يستجيبوا تم تحويلهم إلى العلاج التقليدي، وسيتم تحويل المرضى الذين فشل معهم العلاج الحيادي وإخراجهم من التحليلات . والمرضى الوحيدون الذين سيستمرون على العلاج الحيادي هم فقط المرضى، الذين استجابوا له، لسبب ما. ستظهر فعالية العلاج الحيادي (وربما أكثر) من العلاج الفعآل، إذا كان المرضى المستخدمون في التحليلات هم فقط الذين استمروا على العلاج الحيادي واستجابوا له.

لاحظ إدمند غيهن Edmund Gehan، من مستشفى م.س. أندرسون M.C.Anderson Hospital في تكساس، المسألة قبل بيتو. كان الحل الذي قدمه في ذلك الوقت بافتراض أن هذه الدراسات لم تحقق متطلبات فيشر، لذلك لا يمكن اعتبارها تجارب مفيدة لمقارنة العلاج. بدلاً من ذلك، فقد احتوت سجلات هذه الدراسات على ملاحظات دقيقة أُخذت للمرضى الذين تم إعطاؤهم أنواعاً مختلفة من العلاج. إن أفضل ما يمكن توقعه هو وصف شامل لنتائجهم، مع تلميحات للمعالجة المستقبلية الممكنة. ثم قام غيهن بالنظر إلى حلول أخرى لهذه المسألة، ولكن كانت نتائجه الأولى تعكس انزعاج شخص يحاول تطبيق أساليب التحليلات الإحصائية لتجربة قديمة أو سيئة التصميم.

اقترح بيتو حلاً واضحاً. يتم اختيار المرضى عشوائياً

ليتلقوا علاجاً معيناً. جعلت هذه العشوائية حساب قيمة- p لاختبارات الفرضية لمقارنة أنواع المعالجة ممكنة. واقترح أن يُعامل كل مريض في هذه التحليلات، كما لو كان على العلاج الذي تم اختياره له عشوائياً. وسيهمل المحلل كل التغيرات العلاجية التي طرأت خلال فترة الدراسة. فإذا تم اختيار المريض عشوائياً على العلاج أ وتم إيقاف العلاج قبل إنهاء الدراسة سيحلل كمريض يعالج بالعلاج أ. وإذا تم اختيار المريض عشوائياً ليعالج بالعلاج أ واستمر على العلاج لمدة أسبوع، سيحلل كمريض يُعالج بالعلاج أ. وإذا لم يتناول مريض العلاج أ حبة واحدة من العلاج أ ولكن تم إدخاله إلى المستشفى وتمت معالجته بطرق أخرى فوراً بعد إدخاله في الدراسة، فإن هذا المريض سيحلل كمريض للعلاج أ.

قد يبدو هذا الاتجاه غبياً للوهلة الأولى. بإمكاننا أن نقدم رؤىً تتم المقارنة فيها بين العلاج القياسي والعلاج التجريبي، مع مرضى تم تحويلهم للعلاج القياسي عند فشل الأخرى . فإذا اتضح أن العلاج التجريبي غير مجدٍ، يتم تحويل كل المرضى أو معظمهم الذين تم اختيارهم للعلاج القياسي، وسيظهر في التحليلات تطابق العلاجين. فلا يمكن استخدام هذا الأسلوب في تحليل نتائج الدراسة لمعرفة تكافؤ العلاج، كما أوضح ريتشارد بيتو في عرضه. بل يمكن استخدامها فقط إذا ظهر اختلاف آثارها في التحليل.

أُطلق على حل بيتو أسلوب «الهدف من المعالجة». كان

سبب إطلاق هذا الاسم واستخداماته بشكل عام كالتالي: إذا كنا مهتمين بالنتائج الكلية للسياسة الطبية التي ترشح استخدام العلاج المُعطى، فيجب إعطاء الطبيب المُعالج الحرية في تعديل العلاج كما يراه ملائماً. ستقر تحليلات التجارب الطبية، باستخدام حل بيتو، فيما إذا كانت هذه السياسة العامة في اقتراح العلاج المُعطى كخطوة أولى في العلاج جيدة. تم تقديم تطبيقات أسلوب الهدف من المعالجة للتحليلات، كأسلوب مناسب للدراسات التي تتكفل فيها الحكومات الكبيرة، والمصممة لتحديد السياسات العامة الجيدة.

لسوء الحظ، هناك نزعة عند بعض العلماء في استعمال الأساليب الإحصائية من غير معرفة أو فهم المادة الرياضية خلفَها. ويظهر هذا غالباً في عالم الأبحاث الطبية. لقد وضّح بيتو حدود الحل الذي قدَّمه. ولكن أصبح، رغم ذلك، أسلوب الهدف من المعالجة مدخراً في الدستور الطبي في الكثير من الجامعات، وأصبح يُنظر إليه على أنه الطريقة الوحيدة والصحيحة للتحليلات الإحصائية للتجارب الطبية. صُمِّمت الكثير من التجارب الطبية خاصةً المتعلقة بالسرطان، لتوضح أن العلاج الجديد هو بنفس جودة العلاج القياسي، أثناء عرض بعض الآثار الجانبية. إن الغرض من الكثير من التجارب هو توضيح التكافؤ العلاجي. وكما أشار بيتو، فإنه يمكن استخدام الحل المقدم للكشف فقط عن الفروق، ولا يعني عدم إيجاد فروق، أن أنواع العلاج متكافئة.

تكمن المشكلة، إلى حد ما، في تركيبة نيمان - بيرسون المتينة. يميل الاختصار المتعارف عليه في تركيبة نيمان - بيرسون الموجود في كتب الإحصاء الابتدائية إلى تقديم اختبار الفرضية كإجراء روتيني، بينما تعرض الكثير من الجوانب التحكّمية للأساليب على أنها ثابتة.

وبما أن الكثير من العناصر التحكّمية قد لا تكون مناسبة للبحث الطبي[1]، دعت حاجة بعض علماء الطب لاستعمال الأساليب «الصحيحة»، إلى الاحتفاظ بنسخة متينة من تركيبة نيمان - بيرسون. يُسمح بقبول أي شيء إلا إذا كانت قيمة- p

(1) قدم سنة 1963، فرانسيس أنسكومب Francis Anscombe من جامعة يل اتجاهاً مختلفاً تماماً يميل إلى الاستمرار مع الحاجات الطبية. تحتفظ تركيبة نيمان-بيرسون بعدد من المرات التي يخطئ فيها المحلل. يسأل أنسكومب لماذا لاحتمالية الخطأ الطويلة المدى للمحلل الإحصائي أن تقرر فيما إذا كان العلاج الطبي فعالاً. وكبديل لذلك، اقترح أنسكومب أن هناك عدداً نهائياً من المرضى ستتم معالجتهم. عدد قليل منهم سيعالجون بالتجارب الطبية. والآخرون سيتم إعطاؤهم العلاج الذي تقرره التجارب الطبية على أنه «الأفضل». وإذا استخدمنا عدداً قليلاً من المرضى في التجربة، فإن قرار اختيار العلاج الأفضل سيكون عرضة للخطأ، وإذا حصل ذلك، سيُعطى باقي المرضى العلاج الخاطئ. وإذا استخدمنا أعداداً كبيرة من المرضى في التجربة، فإن كل المرضى الخاضعين لتجربة العلاج الآخر (لا أعني العلاج «الأفضل») سيخضعون للعلاج الخاطئ. اقترح أنسكومب أن معيار التحليلات يجب أن يقلل من العدد الكلي للمرضى (لكل المرضى الخاضعين للعلاج التجريبي، والذين تمت معالجتهم لاحقاً) الذين أُخضعوا للعلاج الأضعف.

للطرق المختصرة ثابتة مسبقاً ومُحتفَظاً بها في الإجراءات الإحصائية. كان هذا أحد الأسباب التي عارض فيها فيشر تركيبة نيمان - بيرسون. لم يكن يعتقد وجوب خضوع استخدام قيم- p واختبارات الدلالة لمتطلبات دقيقة جداً. اعترض خصوصاً لقيام نيمان بتعديل احتمالية الموجب الوهمي مسبقاً، ولإتمامه عمله فقط إذا كانت قيمة- p أقل من ذلك. اقترح فيشر في كتابه الأساليب الإحصائية للاستدلالات العلمية، أن القرار الأخير حول دلالة قيمة-p يجب أن يعتمد على الظروف. استخدمت كلمة اقترح، لأنه لم يكن واضحاً لدى فيشر كيفية استعمال قيم- p. قام بتقديم الأمثلة فقط.

تركيبة كوكس

قام سنة 1977 ديڤيد ر. كوكس (من بوكس وكوكس المذكورين في الفصل 23) بالتوسع في مناقشة فيشر. للتفريق بين استخدام فيشر لقيم- p وبين تركيبة نيمان-بيرسون، قام بتسمية أسلوب فيشر «اختبار الدلالة»، وتركيبة نيمان-بيرسون «اختبار الفرضية». أصبحت في الوقت الذي كتب فيه كوكس بحثه، حسابات الدلالة الإحصائية (من خلال استخدام قيم- p) من أكثر الأساليب استعمالاً في البحث العلمي. فاستنبط كوكس، أن الأسلوب له فائدته في العلوم. وبالرغم من النقاش الحاد بين فيشر ونيمان، وبالرغم من إصرار الإحصائيين مثل و. إدوارد ديمنغ بعدم فائدة الاختبارات الفرضية، وبالرغم من ظهور الإحصائيات البييزية التي لا وجود فيها لقيمة-p

وللدلالات- ورغم كل هذا النقد بين الإحصائيين الرياضيين، استمر استخدام اختبار الدلالة وقيم p. سأل كوكس، كيف يستخدم العلماء هذه الاختبارات؟ كيف بإمكانهم معرفة أن نتائج مثل هذه الاختبارات صحيحة أو مفيدة؟ اكتشف بالمران، أن العلماء يستخدمون اختبارات الفرضية في المقام الأول، لصقل نظرتهم لحقيقة الأمور، عن طريق التخلص من المتغيرات غير الضرورية، أو عن طريق الاختيار بين نموذجين مختلفين للحقيقة.

اتجاه بوكس

واجه جورج بوكس (النصف الآخر من بوكس وكوكس) المسألة من منظور مختلف قليلاً عن الآخر. أشار إلى أن الأبحاث العلمية تتألف من أكثر من تجربة واحدة. يُقدم العلماء على التجربة بقالب كبير من المعرفة المسبقة، أو على الأقل بتوقعات مسبقة عن النتائج الممكنة. ويتم تصميم الدراسة لتصقل هذه المعرفة، ويعتمد التصميم على نوع الصقل المنشود. يتفق على هذه النقطة كوكس مع بوكس في معظم أقوالهما. إن التجربة الواحدة، كما يراها بوكس، جزء من سيل من التجارب. وتتم مقارنة بيانات هذه التجربة ببيانات تجارب أخرى. ويُعاد النظر بالمعرفة السابقة تبعاً للتجربة الجديدة، وللتحليلات الجديدة للتجارب السابقة. لا يتوقف العلماء عن العودة للدراسات السابقة لصقل تفسيراتهم السابقة لها تبعاً للدراسات الجديدة.

وكمثال لاتجاه بوكس، فلننظر إلى صاحب مصنع الورق الذي يستخدم أحد ابتكارات بوكس الأساسية، التغير التطوري في العمليات EVOP. قدم صاحب المصنع التجارب، باستخدام ابتكار بوكس EVOP، إلى داخل العمل المنتج. تم تعديل درجة الرطوبة، والسرعة ونسبة الكبريت، ودرجة الحرارة قليلاً بعدة طرق. ولكن التغيير الناتج في قوة الورق ليس فائقاً. لا يمكن أن يكون فائقاً ويستمر في إنتاج المُنتج القابل للبيع. وبإخضاع هذه الاختلافات الطفيفة لتحليلات فيشر للتغاير، ممكن أن تستخدم في تقديم تجربة أخرى، يكون معدل قوة الورق فيها خلال العمل المُنتج بأكمله قد ازداد قليلاً، ويستخدم المُنتج الجديد للعثور على زيادة أخرى طفيفة في قوة الورق. تتم مقارنة نتائج كل مرحلة في EVOP بمراحل سابقة. تعاد التجارب التي تعطينا نتائج غير سوية ثانيةً. ويستمر هذا الإجراء لفترة طويلة، لا يوجد هناك حل نهائي «صحيح». لا يوجد في نموذج بوكس، نهاية لسلسلة التجارب العلمية التي تتبعها الفحوص المتكررة للبيانات، لا توجد هناك حقيقة علمية نهائية.

رؤية ديمنغ

رفض ديمنغ وغيره من الإحصائيين استخدام اختبارات الفرضية كلية. أصروا على أن أعمال فيشر في أساليب الحساب يجب أن تشكلْ قاعدة من التحليلات الإحصائية. إن متغيرات التوزيع هي التي يجب حسابها. ومن غير المجدي إجراء

تحليلات تتعامل بشكل غير مباشر مع هذه المتغيرات من خلال قيم- p والفرضيات الاعتباطية. استمر هؤلاء الإحصائيون باستخدام فترات الثقة لنيمان لقياس عدم دقة نتائجهم؛ ولكن أصبح اختبار الفرضيات لنيمان-بيرسون كما صرحوا، في نفايات الماضي، مع أسلوب كارل بيرسون في العزم. من الممتع أن نشير أن نيمان نفسه، كان نادراً ما يستخدم قيم- p واختبارات الفرضية في أبحاثه التطبيقية.

يمكن لهذا الرفض تجاه اختبار الفرضيات، وإعادة تركيب بوكس وكوكس لمفهوم فيشر لاختبار الدلالة، أن يطرح شكوكاً حول حل ريتشارد بيتو للمسألة التي وجدها في الدراسات الطبية للسرطان. ولكن ما زالت المسألة الأساسية التي واجهها قائمة. ماذا تفعل عندما يتم تعديل التجربة بالسماح لنتائج المعالجة بتغيير العلاج؟ أوضح آبراهام والد كيف يمكن تكييف نوع معين من التعديلات، لتؤدي إلى تحليلات متوالية. في حالة بيتو، لم يتبع أطباء الأورام أساليب والد المتوالية، بل أدخلوا معالجات مختلفة بحسب تقديرهم للحاجة.

دراسات كوشران المتعلقة بالمشاهدة

عالج وليام كوشران من جامعة جونز هوبكينز Johns Hopkins University، بطريقة ما هذه المسألة في الستينيات. كان على مدينة بالتمور أن تقرر، أثر الإسكان العام على السلوك الاجتماعي وعلى تطوير الفقراء. توجهوا إلى مجموعة جونز

هوبكينز الإحصائية لمساعدتهم في إعداد تجربة ما. اقترح الإحصائيون في جامعة جونز هوبكينز، متبعين أساليب فيشر، أن يأخذوا مجموعة من الأشخاص، سواء كانوا قد قدموا طلباً إلى الإسكان العام أو لم يفعلوا، وقاموا باختيار بعضهم عشوائياً للمساكن الخاصة ورفضوا الآخرين. أخاف هذا المسؤولين في المدينة. كان عليهم عند بدء التسجيل في الإسكان العام، الاستجابة على أساس الخدمة للمتقدم الأول. كان هذا منصفاً. لم يستطيعوا إنكار واجبهم تجاه الأشخاص الذين أسرعوا في التسجيل ليكونوا من «الأوائل»، وكان هذا على أساس الاختيار العشوائي للكمبيوتر. أشارت مجموعة إحصائيي جامعة جونز هوبكينز، أن هؤلاء الذين سارعوا في التقديم كانوا من الأشخاص الأكثر نشاطاً وطموحاً. إذا افترضنا صحة ذلك، سيكون الأشخاص في الإسكان العام أفضل حالاً من غيرهم، من غير أي تأثير للمساكن بحد ذاتها على ذلك.

اقترح كوشران أنهم لن يتمكنوا من استخدام تجربة مصممة علمياً. وستتم عوضاً عن ذلك، متابعة العائلات التي اشتركت بالإسكان العام. سيكون للتي لم تشترك دراسة مبنية على المشاهدة، تختلف فيها العائلات بعدة عوامل، مثل العمر والمستوى التعليمي والديانة والاستقرار العائلي. اقترح أساليب لإجراء التحليلات الإحصائية لمثل هذه الدراسات المبنية على المشاهدة. سيقوم بتنفيذ ذلك عن طريق تعديل المقاييس الناتجة للعائلة المفترضة، وبأن يأخذ بالحسبان العوامل المختلفة.

سيقوم بإنشاء نموذج رياضي يكون فيه تأثير لعامل العمر، وفي كون العائلة سليمة، ولعامل الدين، وهكذا دواليك. يمكن استخدام الفروق المتبقية في تحديد أثر الإسكان العام بحساب المتغيرات لكل هذه الآثار.

وعندما تعلن الدراسة الطبية أن الاختلاف في الآثار تم تعديله تبعاً لعمر المريض أو جنسه، يعني هذا أن الباحثين قاموا بتطبيق بعض أساليب كوشران في حساب الأثر الضمني للعلاج، واضعين في الحسبان أثر عدم التوازن في مهمة العلاج بالنسبة للمرضى. تستخدم معظم دراسات علم الاجتماع أساليب كوشران. قد لا يلاحظ مؤلفو هذه الدراسات أن هذه الأساليب مقتبسة من وليم كوشران، وكثير من التقنيات الخاصة غالباً ما سبقت أعماله. وضعها كوشران على أساس رياضي متين، أثرت أبحاثه حول الدراسات المبنية على المشاهدة في الطب، وعلم الاجتماع، والعلوم السياسية، وعلم الفضاء، وكل المجالات التي تكون فيها المهمات العشوائية في «المعالجة» إما مستحيلة أو لاأخلاقية.

نماذج روبن

تقدم دونالد روبن Donald Rubin من جامعة هارفرد، في الثمانينيات والتسعينيات، بعدة اتجاهات لمسألة بيتو. من المفترض في نموذج روبن، أن يكون لكل مريض استجابات ممكنة تجاه كلا العلاجين. فإذا وُجد علاجان، سيكون لكل

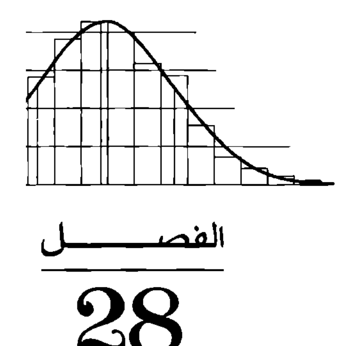
مريض استجابات احتمالية لكلا العلاجين أ وب. يمكننا مراقبة المريض عند تناوله أحد العلاجين، العلاج الذي تم تحديده له. بإمكاننا أن نعد نماذج رياضية يكون فيها رمز في التركيبة لكل الاستجابات الممكنة .قام روبن باشتقاق شروط في هذا النموذج الرياضي، قد نحتاجها لحساب ما يمكن حدوثه في حال وضعنا المريض على العلاج الآخر.

بإمكاننا تطبيق نماذج روبن وأساليب كوشران على التحليلات الإحصائية الحديثة، لأنها تستخدم الكمبيوتر في طحن الأرقام والتعامل معها جيداً. حتى لو تم تقديمها في زمن فيشر، لأنها لن تكون معقولة. إنها تتطلب استخدام الكمبيوتر لأن النماذج الرياضية متداخلة ومعقدة بشكل هائل. وغالباً ما تتطلب تكنولوجيا تكرارية، ونجد أن الكمبيوتر يقوم بآلاف بل بملايين الحسابات، تتقارب فيها سلسلة الحسابات المتتالية في الإجابة النهائية.

تعتبر أساليب كوشران وروبن نماذج عالية المستوى. أي أنها لا تنتج إجابات صحيحة، إلا إذا تقاربت النماذج الرياضية المعقدة المستخدمة في وصف الحقيقة. يطلب من المحلل أن يبتكر نموذجاً رياضياً يتطابق مع الحقيقة في كل أو في بعض الجوانب. وقد لا تتماسك نتائج التحليلات إذا لم تتطابق الحقيقة مع النموذج. وكجزء مصاحب للاتجاهات مثل اتجاه كوشران وروبن كان الجهد في تحديد درجة متانة النتائج. تبحث التحريات الرياضية الحالية عن مدى بعد الحقيقة عن

النموذج قبل إثبات عدم صحة النتائج. تفحص وليم كوشران هذه الأسئلة قبل موته سنة 1980.

يمكننا اعتبار أساليب التحليلات الإحصائية وكأنها سلسلة متصلة، ذات رابطة نموذجية عالية مثل التي قدمها كوشران وروبن في أحد الأطراف. توجد في الطرف الآخر، الأساليب التي لا تستخدم المتغيرات، والتي تفحص البيانات حسب النماذج ذات النوع الأكثر عمومية. ومثل ما جعل الكمبيوتر الأساليب ذات الرابطة النموذجية ممكنة، لقد كانت ثورة الكمبيوتر في الطرف الآخر من تشكيل النماذج الإحصائية. وهذه النهاية التي لا متغيرات لها، والتي يفترض أن يكون لها بنية رياضية ضعيفة أو معدومة، والتي يسمح فيها للبيانات بذكر كل ما فيها من غير أن نخضعها لنماذج سبق التفكير فيها. وتصاحب هذه الأساليب أسماء وهمية مثل «سير الحذاء». وهو موضوع حديثنا في الفصل التالي.



الفصل

28

على نفسه جنى الكمبيوتر

ينحدر غيدو كاستلنوڤو Guido Castelnuovo من عائلة يهودية إيطالية ذات شأن. تعود أصول أسلافها إلى الرومان القدامى في أيام القياصرة الأوائل. كان كاستلنوڤو يخوض معركة بمفرده وهو عضو في الهيئة التدريسية لمادة الرياضيات في جامعة روما سنة 1915. أراد أن يقدم دورة في الاحتمالية، ورياضيات دراسات التأمين في برنامج التخرج. كان علماء الرياضيات ينظرون في ذلك الوقت إلى الاحتمالية، وقبل أن يضع أندريه كولموغوروف أسس النظرية الاحتمالية، على أنها مجموعة من الأساليب تستخدم تقنيات الحساب المعقدة. كانت معلومات عرضية مثيرة في الرياضيات، غالباً ما تدرس كجزء من مادة الجبر، ولكنها لم تحظ بالاهتمام في برنامج التخرج في وقت كانت تجمع فيه قوانين التجريديات الجميلة في

الرياضيات البحتة. كانت الرياضيات التطبيقية في أسوأ أحوالها في الوقت الذي كانوا يهتمون فيه برياضيات التأمين. كانت تهتم بحساب مراحل الحياة والحوادث المتكررة حساباً نسبياً بسيطاً. هكذا اعتقد أعضاء الكلية الآخرون.

اهتم كاستلنوڤو اهتماماً بالغاً بالتطبيقات الرياضية إضافة إلى أعماله الرائدة في المجال التجريدي للهندسة الجبرية، وأقنع باقي أعضاء الكلية بالسماح له بإنشاء مثل هذه الدورة. نشر كاستلنوڤو نتيجة لهذه الدورة، أحد أوائل الكتب المنهجية عن الاحتمالية مع التطبيقات الإحصائية، حساب الاحتمالات والتطبيقات Calcolo della probabilita e applicazioni، الذي نشر سنة 1919. استخدمت عدة جامعات إيطالية أخرى هذا الكتاب في دورات مشابهة. أنشأ كاستلنوڤو سنة 1927 كلية الإحصاء وعلوم التأمين في جامعة روما. وجرى في العشرينيات والثلاثينيات تبادل حيوي بين المدارس الإيطالية النامية لعلماء الإحصاء المهتمين بأبحاث التأمين، ومجموعة مماثلة في السويد.

أدخل سنة 1922، بنيتو موسوليني Benito Mussolini نظام الفاشية إلى إيطاليا، وفرض ضوابط صارمة على حرية التعبير. تم اختبار الطلبة والهيئات التدريسية في الجامعات لإبعاد «أعداء الدولة». من غير تمييز عرقي، ولم يعط أهمية زائدة كون كاستلنوڤو يهودياً[1]. تمكن من إتمام عمله في السنوات الإحدى

(1) كانت الفاشية الإيطالية في شكلها الأولي مؤيدة للعائلة. ومن أجل =

عشرة الأولى للحكومة الفاشية. وفي سنة 1935، أدت المعاهدة الدولية بين الفاشية الإيطالية، والنازية الألمانية إلى فرض قوانين ضد السامية في إيطاليا، وتم تنحية غيدو كاستلنوفو من منصبه.

لم يتوقف الرجل الدؤوب عن العمل إلى أن مات سنة 1952. أبعدت القوانين النازية العنصرية الكثير من الطلبة اليهود الممتازين. قام كاستلنوفو بتنظيم بعض الدورات الخاصة في منزله، وفي منازل أساتذة سابقين من اليهود، ليساعد الخريجين على إتمام دراستهم. أمضى كاستلنوڤو، إضافة إلى كتابة بعض الكتب عن تاريخ الرياضيات، الأيام الأخيرة من عمره في فحص العلاقة المنطقية بين الحتمية والمصادفة، وبمحاولته تفسير المواضيع التي لها علاقة بمفهوم المسببات والنتائج التي ناقشناها في فصول سابقة، والتي سوف أراجعها في الفصل الأخير من هذا الكتاب.

كان للمدرسة الإيطالية للإحصاء المنبثقة من جهود كاستلنوڤو، أسسا رياضية متينة لكنها استخدمت مشاكل تطبيقية واقعية كنقطة بداية لمعظم التحريات. وكان الشاب كرادو جيني Carrado Gini، زميل كاستلنوڤو المعاصر، يرأس المعهد المركزي للإحصاء في روما Instituto Centrale di Statistica، وهو معهد

= ذلك، كان يسمح فقط للرجال المتزوجين من أن يتسلموا مناصب في الحكومة. وشمل هذا المناصب في كليات الجامعات. وفي سنة 1939، فاز العبقري برونو دي فينيتي في مسابقة عالمية بمنصب بروفيسور رياضيات في جامعة تريست University of Trieste، ولكن لم يسمح له باستلامه، لأنه كان أعزب حينذاك.

خاص نظمته شركات التأمين للمزيد من أبحاث التأمين. قاد اهتمام جيني بكل أنواع التطبيقات، بأن جمعه مع غالبية علماء الرياضيات الإيطاليين الشباب المهتمين بالإحصاء الرياضي في الثلاثينات.

براهين غليفنكو ـ كانتيلي

كان فرانسيسكو باولو كانتيلي Francesco Paolo Cantelli (1875-1966)، أحد الرياضيين الذين شاركوا كولموغوروف في تأسيس أسس النظرية الاحتمالية. لم يكن كانتيلي مهتماً بقضية البحث عن الأسس (التي تتعامل مع الأسئلة مثل، ماذا تعني الاحتمالية؟) ولكنه لم ينجح في التوغل بعمق في النظرية الأساسية مثل كولموغوروف. كان كانتيلي مسروراً في اشتقاق النظريات الرياضية الأساسية، المبنية على نوع الحسابات الاحتمالية، التي كانت سائدة منذ أن قدم آبراهام دي موافر، أساليب الحساب في الحسابات الاحتمالية، إبان القرن الثامن عشر. اكتشف كانتيلي سنة 1916، ما كان يسمى بالنظرية الأساسية للإحصاء الرياضية. وبالرغم من أهميتها، إلا أن اسمها لم يرتبط به ولكن دعيت بـ «براهين غليفنكو-كانتيلي»[2]. كان

(2) تمت ترجمة الرياضيات الأساسية لعناصر إقليدوس لكتب الهندسة المدرسية في القرن الثامن عشر، وتم تنسيق النماذج المنطقية للاستنتاجات. وتحت هذا التنسيق، كانت كلمة نظرية تستخدم لوصف النتيجة المحددة للتجربة التي بين أيدينا. ولأجل إثبات بعض النظريات، كان من الضروري إثبات بعض النتائج المتوسطة التي يمكن أن تستخدم في النظرية النهائية، والتي قد تصبح متوفرة أيضاً في حين إثبات نظريات أخرى. عرفت مثل هذه النتيجة بالبراهين.

كانتيللي أول من أثبت النظرية، وفهم أهميتها جيداً. يحظى جوزيف غليفنكو، الطالب عند كولموغوروف، بامتياز جزئي لأنه استفاد من الرموز الرياضية المطورة والمعروفة بـ «تكامل ستيلتيس Stieltjes integral» لتعميم النتائج في البحث الذي نشره سنة 1933 (في مجلة إيطالية لعلم الرياضيات). تبقى الرموز التي استخدمها غليفنكو هي الأكثر استعمالاً في المناهج الحديثة.

إن براهين غليفنكو-كانتيلي هي من تلك النتائج التي لا يظهر وضوحها وجلاؤها إلا بعد اكتشافها. يمكن استخدام البيانات في إنشاء توزيع من غير متغيرات في حال عدم تمكننا من معرفة شيء عن التوزيع الاحتمالي الأساسي الذي ينتج مجموعة من البيانات. وهذا أداء رياضي بشع، مليء بعدم الترابط وتنقصه اللباقة الرياضية. تمكن كانتيلي رغم هذه البنية السيئة من أن يوضح، أن دالة التوزيع التجريبية قد اقتربت أكثر من الدالة التوزيعية الحقيقية بزيادة عدد المشاهدات.

تمت ملاحظة أهمية براهين غليفنكو-كانتيلي على الفور، وتم خلال العشرين سنة التالية، إثبات الكثير من النظريات عن طريق تحويلها إلى تطبيقات متكررة لهذه البراهين. فكانت إحدى أدوات البحث الرياضي المستخدمة دائماً في البرهنة. كان على علماء الرياضيات في بداية القرن، أن يستخرجوا من هذه البراهين استخدامات ذكية في تقنية الحساب. يتكون بناء دلالة التوزيع التجريبي من سلسلة من الخطوات الحسابية البسيطة. قد

يستغرق الكمبيوتر الميكانيكي الرائع، والقادر على أداء ملايين العمليات بثانية واحدة ومن غير خدع، في استخدام دلالة التوزيع التجريبية لحساب المتغيرات من العينات الكبيرة للبيانات. لم تتوفر مثل هذه الآلة لا في الخمسينيات أو الستينيات أو حتى السبعينيات. أصبح بإمكان الكمبيوتر في الثمانينيات أداء مثل هذه العمليات. فباتت براهين غليفنكو-كانتيلي أساساً للتقنية الإحصائية الجديدة، يمكن أن نجدها في عالم الكمبيوترات السريعة.

إفرون وأسلوب «رباط الحذاء»

اخترع برادلي إفرون Bradley Efron سنة 1982 من جامعة ستانفورد أسلوب «رباط الحذاء». وهو أسلوب مبني على تطبيقين بسيطين من براهين غليفنكو-كانتيلي. إن مفهوم هذين التطبيقين بسيط، ولكنه يتطلب استخداماً مكثفاً للكمبيوتر لحساب البيانات وإعادة الحساب مراراً. قد يستغرق تحليل رباط الحذاء النموذجي لمجموعة متوسطة الحجم من البيانات عدة دقائق حتى مع أقوى أجهزة الكمبيوتر.

أطلق إفرون على هذه الإجراءات رباط الحذاء، حيث إن البيانات تحاول أن ترقى بنفسها مستخدمة أربطتها الخاصة، إذا جاز التعبير. ويمكننا القول بأنها نجحت حيث إن الكمبيوتر لا يتذمر من القيام بالحسابات المكررة. ويمكن للكمبيوتر وباستخدام الترانزيستور الحديث، أن يفعل ذلك بأجزاء من

المليون من الثانية. هناك عمليات رياضية معقدة وراء أسلوب رباط الحذاء الخاص بإفرون. أثبتت أبحاثه الأصلية أن هذا الأسلوب ملائم للأساليب القياسية عند تكوين فرضيات معينة عن التوزيع الحقيقي الأساسي. توسعت استخدامات هذا الأسلوب لدرجة أنها حوت كل أعداد مجلات الرياضيات الإحصائية منذ سنة 1982، على مقالة أو أكثر لأسلوب رباط الحذاء هذا.

أسلوب إعادة أخذ العينات وغيره من أساليب الكمبيوتر

يوجد الكثير من الأوجه لأسلوب رباط الحذاء والأساليب المتصلة به، والتي يمكن أن تقع جميعها تحت الاسم العام لأسلوب إعادة أخذ العينات. لقد أوضح إفرون أنه بالإمكان رؤية أساليب ر.آ. فيشر الإحصائية القياسية، كأشكال أخرى لإعادة أخذ العينات. فتكون إعادة أخذ العينات إذن جزءاً من الأساليب الإحصائية واسعة المدى، والتي يطلق عليها «أسلوب الكمبيوتر». تستفيد أساليب الكمبيوتر الشاملة من قدرة أجهزة الكمبيوتر الحديثة على أداء كميات هائلة من الحسابات، والعمل مع نفس البيانات مراراً وتكراراً.

طور جون روزنبلات Joan Rosenblatt من المكتب الوطني للمقاييس مثل هذا الأسلوب في الستينيات، كما طوره إمانويل بارزن Emmanuel Parzen من جامعة ولاية إيوا، كل على حدة. عرفت أساليبهما بـ «تقدير جوهر الكثافة». وبالتالي،

أدى تقدير جوهر الكثافة إلى جوهر الكثافة المبني على انحدار التقدير. شملت هذه الأساليب متغيرين اختياريين أطلق عليهما «الجوهر» و«الشمولية». وبعد ظهور هذه الأفكار بقليل، وفي سنة 1967 (قبل ظهور الكمبيوترات القوية التي يمكنها الاستفادة منهما كلياً)، استخدم جون فان ريزن John van Ryzin من جامعة كولومبيا براهين غليفنكو -كانتيلي لتحديد التشكيلة المثلى لهذه المتغيرات.

اكتشف المجتمع الهندسي أثناء ما كان الإحصائيون ينتجون النظريات، ويكتبون في مجلاتهم الخاصة، جوهر الكثافة المبنية على الانحدار لروزنبلات وبارزن، وأطلق عليها مهندسو الكمبيوتر مسمى «التقريب المشوش». وهي تستخدم ما أسماه ريزن «الجوهر غير المثالي» مع خيار واحد اختياري للشمولية. لا يُبنى التدريب الهندسي على البحث عن أفضل الأساليب النظرية الممكنة، بل على كل ما قد يعمل. وفي الوقت الذي ينشغل فيه علماء النظريات بالمقياس التجريدي الأمثل، يستخدم المهندسون في العالم الواقعي، التقريب المشوش لإنتاج أنظمة مشوشة أساسها الكمبيوتر. تستخدم الأنظمة الهندسية المشوشة في آلات التصوير البارعة، التي تعدل أوتوماتيكياً الحدقة والبؤرة. وتستخدم أيضاً في الأبنية الجديدة للمحافظة على درجات الحرارة الثابتة والمريحة، والتي قد تختلف حسب الاحتياجات المتنوعة في الغرف المختلفة.

كان بارت كوسكو Bart Kosko، وهو استشاري هندسي

لامع، أحد المشاهير كثيري الإنتاج للأنظمة المشوشة. وأثناء تفحصي للتراجم في كتبه، تمكنت من إيجاد مراجع لعلماء الرياضيات السائدين في القرن التاسع عشر، مثل غوتفريد ويلهيلم فون ليبنز، مع مراجع أخرى للإحصائي الرياضي نوربرت وينر، الذي ساهم في نظرية مراحل الاتفاق وتطبيقها على الأساليب الهندسية. لم أتمكن من إيجاد مراجع لروزنبلات وبارزن وفان ريزن، أو لمن ساهم لاحقاً في نظرية النواة المبنية على الانحدار. وبالتوصل في الغالب إلى خطوات الكمبيوتر نفسها تماماً، اتضح تطور الأنظمة المشوشة وجوهر الكثافة المبني على الانحدار من غير اعتماد بعضها على الآخر.

انتصار النماذج الإحصائية

إن إضافة أساليب الكمبيوتر الإحصائية إلى التدريب الهندسي القياسي، هو مثال لأثر الثورة الإحصائية في العلوم، وكيف أصبحت كلية الوجود في نهاية القرن العشرين. لم يعد الإحصائيون الرياضيون هم بمفردهم من أهم المشاركين في التطور. كان الكثير من نظرياتهم الدقيقة التي ظهرت في مجلاتهم في السبعين سنة الماضية، غير معروفة للعلماء أو المهندسين الذين استخدموها بالرغم من ذلك. وتمت إعادة اكتشاف النظريات الأكثر أهمية، مرات كثيرة[3].

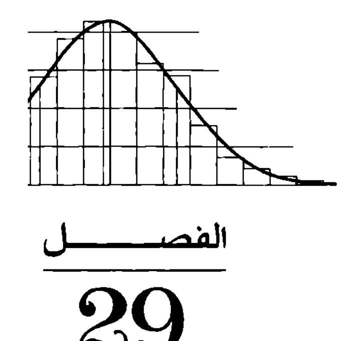
(3) استخدمت في رسالتي للدكتوراه أصنافاً من التوزيعات المعروفة، على الأقل بين الإحصائيين، بـ«توزيعات بواسون المركبة». وأثناء =

لا يعاد إثبات النظريات الأساسية أحياناً، وإنما يفترض المستخدم صحتها لأنها تبدو صحيحة بالفطرة. في بعض الحالات يقحم المستخدم النظريات التي ثبت عدم صحتها ثانية، لأنها تبدو صحيحة بالفطرة. وهذا بسبب كون مفاهيم التوزيعات الاحتمالية متأصلة في التعليم العلمي الحديث الذي يفكر فيه العلماء والأساتذة تبعاً للتوزيعات. تقدم كارل بيرسون، قبل مئة سنة، ليخبرنا أن منشأ كل المشاهدات من التوزيعات الاحتمالية، وأن الهدف من العلوم هو حساب متغيرات هذه التوزيعات. وكان الاعتقاد العلمي السائد قبل ذلك أن الكون يسير حسب قوانين، مثل قوانين نيوتن للحركة، وأن الأخطاء هي سبب كل التغيرات الظاهرة في كل ما هو مُشاهد.

سيطرت دراسة بيرسون العلمية تدريجياً. فكان كل من تدرب على الأساليب العلمية في القرن العشرين، يسلم برؤية بيرسون تسليماً كاملاً. وأصبحت متأصلة في الأساليب العلمية الحديثة في تحليل البيانات، وقليل ما يُبذل أي مجهود في توضيحها. يستخدم الكثير من العلماء والمهندسين هذه التقنية من غير التفكير بالمضمون المنطقي لهذه الدراسة.

= عملي بالرسالة، كان علي البحث في ما كتب، ووجدت التوزيع نفسه في علم الاقتصاد، وفي عمليات البحث، وفي الهندسة الكهربائية وأخيراً في علم الاجتماع. كان يطلق عليها في بعض الأماكن «تمتمة بواسون». وفي أماكن أخرى «بواسون ذات الحدين». «أحدية بواسون». وفي بعض الأبحاث أطلق عليها «توزيع حافلة الحي الخامس».

ومع انتشار مبدأ التوزيعات الاحتمالية على أنها الأمور «الصحيحة» التي يحقق فيها العلم، قام الفلاسفة وعلماء الرياضيات بالكشف عن المسائل الأساسية الجادة. لقد قمت بتفحص بعضها أثناء مروري في الفصول السابقة، وخصصت الفصل الأخير لهذه المسائل.



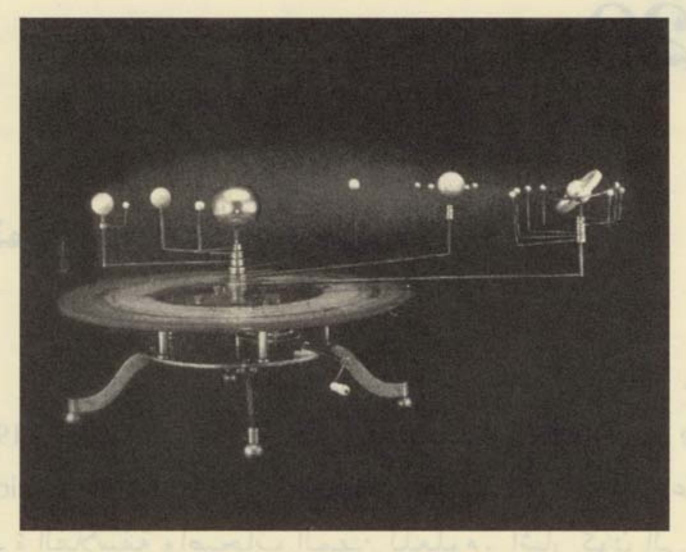
الفصل

29

التمثال ذو الأقدام الطينية

نشر توماس كون Thomas Kuhn من جامعة شيكاغو سنة 1962، كتاباً بعنوان بنية الثورات العلمية The Structure of Scientific Revolutions. كان لهذا الكتاب الأثر العميق على نظرة الفلاسفة وأصحاب المهن للعلوم. أشار كون إلى أن الحقيقة معقدة إلى أبعد الحدود، ولا يمكن وصفها تماماً بالنموذج العلمي المنظم. وتقدم بالقول بأن العلوم تحاول إنتاج نماذج للحقيقة بحيث تلائم البيانات المتوفرة، ولها فائدة في توقع نتائج التجربة الجديدة. وبما أنه لا يوجد نموذج حقيقي تماماً، ويبدو أن تجميع البيانات يتطلب بعض التعديلات للنموذج ليصبح صحيحاً للاكتشافات الجديدة. وبذلك يصبح النموذج أكثر تعقيداً، مع بعض الاستثناءات الخاصة، والتراكمات البديهية غير المحتملة. يصبح النموذج في آخر الأمر غير

وافٍ للغرض. يأتي عندها المفكرون المبتكرون بنموذج مختلف تماماً، صانعين ثورة في العلوم.



جهاز ال orrery، وهو جهاز يمثل حركة الكواكب حول الشمس

كانت الثورة الإحصائية مثالاً لتبادل النماذج. وحسب النظرة الحتمية للعلوم في القرن التاسع عشر، قامت فيزياء نيوتن بالوصف الفعّال لحركة الكواكب والأقمار والكواكب الصغيرة والمذنبات - بانية وصفها على القوانين القليلة والمعرّفة جيداً للحركة والجاذبية. تحقق بعض النجاح في إيجاد بعض قوانين الكيمياء، واعتُبر قانون داروين في الاختيار الطبيعي بداية جيدة لفهم نظرية التطور. كما أُجريت محاولات للتوسع في البحث عن القوانين العلمية، حتى في عالم علم الاجتماع والعلوم السياسية وعلم النفس. كان يُعتقد في ذلك الوقت أن المشكلة

الأساسية في إيجاد هذه القوانين تكمن في عدم دقة القياسات.

قام بعض علماء الرياضيات في بداية القرن التاسع عشر، مثل بيير سيمون لابلاس بتطوير فكرة القياسات الفلكية التي تضمنت بعض الأخطاء، في الغالب بسبب الأحوال الفلكية، أو بسبب تعرض المراقبين للأخطاء البشرية. لقد فتح الأبواب أمام الثورة الإحصائية حيث افترض أن لهذه الأخطاء توزيعاً احتمالياً. وكان هذا حسب رؤية توماس كون، تعديلاً ضرورياً لآلية الكون من قبل البيانات الجديدة. شارك البلجيكي متعدد الثقافات لامبرت أدولف جاك كويتلت Lambert Adolphe Jacques Quetelet في الثورة الإحصائية، بأن افترض أن قوانين سلوك البشر ترجيحية في طبيعتها. لم يكن لديه اتجاه كارل بيرسون متعدد المتغيرات، ولم يكن مدركاً للحاجة إلى أساليب الحساب القصوى، فكانت أساليبه سخيفة إلى أبعد الحدود.

انهار أخيراً الاتجاه المحدد للعلوم لأن الاختلاف بين النماذج أصبح أكيداً، وأصبحت المشاهدة أفضل بسبب المقاييس الدقيقة. أظهرت المقاييس الأكثر دقة تغيرات أكثر، بدلاً من إلغاء الأخطاء التي كان يعتقد لابلاس، أنها أثرت في القدرة على مشاهدة حركة الكواكب الحقيقية. باتت عندها المادة العلمية مستعدة لقدوم كارل بيرسون ولتوزيعاته للمتغيرات.

أوضحتْ الفصول السابقة من هذا الكتاب، كيف سيطرت ثورة بيرسون الإحصائية على كل العلوم الحديثة. وبالرغم من

الحتمية الواضحة للأحياء الدقيقة، حيث تم اكتشاف كيفية تأثير الجينات على الخلايا لتنتج بروتينات خاصة، فإن البيانات الحقيقية لهذه العلوم مليئة بالعشوائية، والجينات في الحقيقة، هي متغيرات لتوزيعات تلك النتائج: وتبدو آثار الأدوية الحديثة على وظائف الجسم، والتي تسبب فيها جرعات من ملليغرام واحد أو اثنين تغيرات عميقة في ضغط الدم، وفي الاضطرابات العصبية النفسية، تبدو هذه الآثار واضحة. بيد أنه تم تصميم وتحليل الدراسات المتعلقة بالعقاقير، والتي تثبت هذه الآثار حسب احتمالية التوزيعات، فالآثار هي متغيرات لهذه التوزيعات.

ونجد الشيء نفسه في الأساليب الإحصائية المتعلقة بالاقتصاد، فهي تُستخدم لتضع نموذجاً للنشاط الاقتصادي لأمة أو لشركة. وتصف ميكانيكا الكم الجزيئات دون الذرية، والتي نعرفها كإليكترونات وبروتونات على أنها توزيعات احتمالية. ويشتق علماء الاجتماع خلاصة المجاميع الهامة للمعدلات والمأخوذة من السكان لوصف ردود أفعالهم، ولكن فقط تبعاً للتوزيعات الاحتمالية. إن استعمال النماذج الإحصائية في كثير من هذه العلوم، هو جزء من منهجية هذه العلوم يتحدث فيها عن توزيعات المتغيرات على أنها حقيقة، ممكن قياسها. تختفي التكتلات المشكوك فيها في القياسات المتنقلة والمتغيرة، والتي تشكل نقطة البداية لهذه العلوم في العمليات الحسابية، ويتم تقرير هذه العمليات الحسابية تبعاً للمتغيرات التي لا يمكن مشاهدتها مباشرة.

يفقد الإحصائيون زمام الأمور

كانت الثورة الإحصائية متأصلة في العلوم الحديثة لدرجة فقد الإحصائيون فيها زمام الأمور. طور أخصائي الجينات الدقيقة العمليات الحسابية الاحتمالية بشكل مستقل عن كل ما كتب في الإحصاء الرياضية. انبثق المفهوم الجديد للمعلومات العلمية من قدرة الكمبيوتر على تجميع كميات كبيرة من البيانات، ومن الحاجة للاستفادة من الكميات الهائلة من المعلومات الموجودة في المكتبات. ونادراً ما كان يذكر في المقالات الموجودة في مجلات المعلومات العلمية الجديدة أعمال الإحصائيين الرياضيين. وتم اكتشاف كثير من تكنولوجيا التحليلات التي تم فحصها منذ سنوات في البيومتريكا، أو في سجلات الإحصاء الرياضية مجدداً. وأنتجت تطبيقات النماذج الإحصائية لأسئلة السياسة العامة مفهوماً جديداً يدعى «تحليلات المجازفة»، وتعمدت مجلات تحليلات المجازفة إهمال أعمال الإحصائيين الرياضيين.

يجب أن تحتوي جداول نتائج المجلات العلمية حالياً، وفي كل الفروع على بعض القياسات الإحصائية المشكوك فيها والمصاحبة للنتائج النهائية، وتدرس أساليب تحليلات الإحصاء القياسية في الجامعات كجزء من مواد التخرج لهذه العلوم، من غير تدخل قسم الإحصاء الذي قد يوجد في مثل هذه الجامعات.

لم تمتد الثورة العلمية إلى معظم العلوم فقط عند اكتشاف كارل بيرسون، ومنذ أكثر من مئة عام للتوزيعات المخالفة، بل انتشرت كثير من أفكارها في الحضارة العامة. فلم يعلن مذيع التلفزيون أن الدراسات الطبية قد أثبتت أن التدخين السلبي «يضاعف احتمال الإصابة بالسرطان» بين غير المدخنين، يعتقد غالباً كل من سمع الإعلان أنه فهم المقصود منه. وعندما يصرح التصويت أن نسبة 65٪ من الشعب يعتقدون أن الرئيس يقوم بدوره بنجاح، مع زيادة أو نقصان نسبة 3٪ ، يعتقد معظمنا أننا فهمنا نسبة 65٪ ونسبة 3٪. وعند توقع خبير الأرصاد نسبة 95٪ لاحتمال هطول الأمطار في الغد، سيأخذ معظمنا مظلته معه.

كان للثورة الإحصائية الأثر الشديد على الرأي العام وعلى الحضارة، أكثر من مجرد تبادل الاحتمالات والنسب كما لو أننا فهمنا المعنى المقصود. نحن نرضى بالنتائج النهائية للتحريات العلمية المبنية على حساب المتغيرات، حتى لو لم تتفق القياسات الحقيقية تماماً مع النتائج النهائية. نحن نرغب في صنع السياسة العامة وفي تنظيم خططنا الشخصية مستخدمين معدلات أحجام البيانات. ونسلم أيضاً أن تجميع البيانات في حالات الموت والولادة، ليس فقط الطريقة الملائمة بل والضرورية كذلك، ولا نخاف من إثارة غضب الآلهة عند عد البشر. كما نستخدم على النطاق اللغوي، كلمات مثل الربط ومترابط، وكأنها تعني شيئاً نعتقد أننا نفهم معناه.

إن هذا الكتاب محاولة لشرح بعض ما تعنيه الثورة الإحصائية للعامة من غير علماء الرياضيات. حاولت شرح الأفكار الأساسية خلف هذه الثورة، وكيف تبنتها أعداد من المجالات العلمية المختلفة، وكيف سيطرت في آخر الأمر على كل العلوم. وحاولت تفسير بعض النماذج الرياضية بكلمات وأمثلة يسهل فهمها من غير تكبد عناء فهم نظام الرموز الرياضية التجريدية.

هل أتمت الثورة الإحصائية مهمتها؟

إن العالم «الخارجي» هو عالم معقد إلى أبعد الحدود، مليء بالأحاسيس والأحداث والشغب. وأوافق مع توماس كون، أنني لا أستطيع أن أصدق كيف يقدر العقل البشري على تنظيم بنية فكرية، تستطيع وصف ما يحدث في العالم الخارجي حقاً. تحتوي كل المحاولات التي تمت لفعل ذلك على الكثير من الأخطاء الرئيسية. ولكن هذه الأخطاء في آخر الأمر، ستتضح لضرورة التعديل المستمر في النماذج العلمية والتكنولوجية النهائية، للوصول إلى نماذج أكثر دقة. بإمكاننا توقع استمرار الثورة الإحصائية لتكمل دورتها إلى أن يتم استبدالها بشيء آخر.

من المنصف أن أنهي هذا الكتاب ببعض المناقشات للمسائل الفلسفية، التي دخلت على هيئة أساليب إحصائية، وتوسعت في عدة مجالات من السلوك الإنساني. سيكون ما يتبع مغامرة في علم الفلسفة. قد يتساءل القارئ ما شأن الفلسفة

بالعلوم والحياة الواقعية. سيكون جوابي أن الفلسفة ليست مجرد تدريبات سرية أكاديمية قام بها رجال سموا بالفلاسفة. لكن تنظر الفلسفة إلى الفرضيات الضمنية خلف الأفكار والأنشطة الثقافية اليومية. والنظرة العالمية، كما تعلمنا من حضارتنا، محاطة بالفرضيات المصقولة. وقليل مناً من يدركها. تمكننا دراسة الفلسفة من كشف هذه الفرضيات وإثبات فعاليتها.

قمت بتدريس دورة في قسم الرياضيات في جامعة كونيكتيكت Connecticut College. كان للدورة اسم رسمي، ولكن أعضاء القسم أطلقوا عليها «رياضيات الشعراء». لقد كانت عبارة عن فصل دراسي واحد، لتعريف طلاب الفنون الحرة بأفكار الرياضيات الأساسية. قمت في بداية الفصل، بتقديم الطلاب للـ Ars Magna الخاصة بجيرولامو كاردانو Girolamo Cardano، وهو العالم الرياضي الإيطالي من القرن السادس عشر. وتحتوي الـ Ars Magna على الوصف الأول الذي نُشر للأساليب الجبرية المنبثقة. يكتب كاردانو في مقدمة الكتاب أن مادة الجبر هذه ليست جديدة. يقول ملمحاً، بأنه ليس أحمق أو مغفلا. فهو مُدرك كيف تتناقص المعرفة منذ هبوط الإنسان إلى الأرض، وكيف تفوق معرفة أرسطو معرفة كل من عاش في زمن كاردانو. كان مدركاً أنه لن تكون هناك معرفة جديدة. من ناحية أخرى، وتبعاً لجهله، لم يكن قادراً على إيجاد مرجع لفكرة معينة عند أرسطو، ولذلك قدم لقرائه هذه الفكرة، والتي تبدو جديدة. كان متأكداً من أن بعض القراء

ذوي المعرفة الواسعة سيتمكنون من تحديد، مكان الفكرة في كتب القدامى، وفي واقع الأمر، من الممكن إيجاد هذه الفكرة التي بدت جديدة.

انبهر الطلاب الذين في فصلي، والذين نشأوا في بيئة حضارية لا تعتقد بإمكانية إيجاد الأمور المستحدثة فحسب، بل التي تشجع الابتكار فعلاً. يا له من أمر غبي! كما أشرت لهم بأن تكون النظرة الأوروبية العالمية في القرن السادس عشر مقيدة بفرضيات فلسفية أصولية. والجزء الهام من هذه النظرة العالمية كانت فكرة سقوط الإنسان، والتأخر المستمر الذي تلاه في عالم الأخلاق والمعرفة والصناعة وفي كل الأمور .هذه الحقيقة كانت معروفة، لدرجة كان من النادر حتى توضيحها.

سألت الطلبة عن الفرضيات الضمنية لرؤيتهم العالمية التي قد تبدو سخيفة للطلاب بعد 500 سنة من الآن. لم يستطيعوا إيجاد واحدة.

وبانتشار الأفكار السطحية للثورة الإحصائية في الحضارة الحديثة، وبزيادة عدد الأشخاص الذين آمنوا بالحقائق الإحصائية من غير التفكير بفرضياتها الضمنية، فلننظر إلى ثلاث مسائل فلسفية للنظرة الإحصائية للكون:

1. هل يمكن للنماذج الإحصائية أن تستخدم في اتخاذ القرارات؟
2. ماذا تعني الاحتمالية عند تطبيقها في الحياة العملية؟
3. هل يفهم الناس معنى الاحتمالية حقاً؟

هل يمكن للنماذج الإحصائية أن تُستخدم في اتخاذ القرارات؟

كان ل. جوناثان كوهن L. Jonathan Cohen من جامعة أوكسفورد Oxford University ناقداً نشطاً لما أسماه الرؤية «الباسكالانية»، عن طريق استخدام التوزيعات الإحصائية لوصف الحقيقة. اقترح في كتابه الذي صدر سنة 1989، مقدمة لفلسفة الاستقراء والاحتمالية An Introduction to the Philosophy of Induction and Probability، التناقض في اليانصيب، والذي نسبه إلى سيمور كيبيرغ Seymour Kyberg من جامعة ويسليان Wesleyan University في ميدلتاون Middletown، كونيكتيكت Connecticut.

فلنفترض أننا قبلنا أفكار الفرضيات أو اختبار الدلالة. نحن متفقون على أنه باستطاعتنا اتخاذ القرار لرفض فرضية عن الحقيقة، إذا كانت الاحتمالية المصاحبة لتلك الفرضية صغيرة جداً. ولمزيد من التحديد، فلنعد 0,0001 كاحتمالية صغيرة جداً. فلننظم الآن يانصيباً معقولاً بـ 10,000 تذكرة مرقمة. ولنفترض أن التذكرة رقم 1 ستفوز باليانصيب. تكون احتمالية ذلك 0,0001 نرفض تلك الفرضية. فلنفترض أن التذكرة رقم 2 ستفوز باليانصيب. بإمكاننا أيضاً أن نرفض تلك الفرضية. يمكننا أيضاً أن نرفض فرضيات مشابهة لأي رقم تذكرة محدد. وتبعاً لقوانين المنطق، إذا كانت أ غير حقيقية، وب غير حقيقية، وت

غير حقيقية، هذا يعني أن (أ، ب، ت) احتمالات غير حقيقية. وهذا تبعاً لقوانين المنطق، وإذا لم تفز كل تذكرة محددة باليانصيب، فلن تفوز أي تذكرة باليانصيب.

اقترح ل.ج. كوهن في كتاب سابق، المحتمل والممكن برهانه The Probable and The Provable، متغيراً لهذا التناقض الظاهري والمبني على التدريب القانوني العام. يفوز الادعاء في القانون العام، بلباسه الرسمي إذا بدا ادعاؤه حقيقياً تبعاً «لرجحان» الشواهد. تم قبول هذا من قبل المحاكم على أساس أن نسبة احتمالية ادعاء المدعي أكثر من 50٪. اقترح كوهن أيضاً التناقض الظاهري للطفيليين الذين دخلوا من غير تذاكر. فلنفترض أن هناك حفلة لموسيقى الروك في قاعة تتسع لألف مقعد. يبيع المتعهد 499 تذكرة للمقاعد، ولكن تمتلئ المقاعد الألف عند بداية الحفلة. يحق للمتعهد حسب القانون الإنجليزي، أن يجمع التذاكر من الألف شخص من الحاضرين، لأن احتمالية كون أحدهم من الطفيليين أي الذين أتوا من غير تذاكر تعادل 50,1٪. لذلك فإن المتعهد سيجمع ثمن التذاكر من 499، 1 زبوناً في قاعة تتسع لألف شخص فقط.

أظهرت هذه التناقضات أن القرارات المبنية على النقاشات الاحتمالية هي قرارات غير منطقية. فالمنطق والنقاش الاحتمالي أمران متناقضان. قام ر.آ. فيشر بتبرير الاستنتاج الاستقرائي في العلوم باعتبار اختبارات الدلالة المبنية على التصميم الجيد للتجارب سبباً في ذلك. وأظهرت تناقضات كوهن أن الاستنتاج

الاستقرائي غير منطقي. وبرر جيري كورنفيلد حقيقة أن التدخين يسبب سرطان الرئة عن طريق تجميعه للدلائل، حيث توضح الدراسة تلو الدراسة أن النتائج غير ممكنة بنسبة عالية، إلا إذا افترضنا أن التدخين هو سبب الإصابة بالسرطان. ألا يوجد منطق في الاعتقاد أن التدخين يسبب السرطان؟

إن عدم التوافق بين المنطق والقرارات المبنية على الإحصائيات، هو أمر لا يمكننا اعتباره السبب في إيجاد فرضيات خاطئة في متناقضات كوهن. فهي تكمن في قلب ما يطلق عليه بالمنطق. (اقترح كوهن استبدال النماذج الاحتمالية بنسخة أكثر تقدماً في المنطق الرياضي تعرف بـ «النموذج المنطقي»، ولكني اعتقد أن هذا الحل يسبب المشاكل أكثر من إيجاد الحلول). هناك فرق واضح في علم المنطق بين الاقتراح الصحيح والاقتراح المزيف. تقدم الاحتمالية أفكاراً تكون فيها الاقتراحات صحيحة أو قريبة جداً من الصحة. يحجب هذا الجزء البسيط من النتائج المشكوك فيها، قدرتنا في تطبيق الدقة المدروسة للاقتضاء المادي عند التعامل مع مفهوم المسببات والنتائج. يشكل النظر في كل دراسة طبية من حيث تقديمها لبعض المعلومات عن آثار المعالجة المعطاة، أحد الحلول المقترحة لهذه المسألة في البحث الطبي. ويمكن تحديد قيمة هذه المعلومات عن طريق التحليلات الإحصائية للدراسة كما عن طريق نوعية هذه الدراسة. يستخدم هذا المقياس الإضافي من قياس نوعية الدراسة في تحديد الدراسات التي ستسود في

النتائج النهائية. ومفهوم نوعية الدراسة هو مفهوم غامض وليس من السهل حسابه. فيبقى التناقض الظاهري، ليلتهم قلب الأساليب الإحصائية. هل يحتاج هذا التضارب السيئ إلى ثورة إحصائية جديدة في القرن الحادي والعشرين؟

ماذا تعني الاحتمالية عند تطبيقها في الحياة العملية؟

أسس أندريه كولموغوروف المعنى الرياضي للاحتمالية: الاحتمالية هي مقياس للمجموعات الموجودة في فراغ تجريدي من الأحداث. يمكننا اشتقاق كل الخصائص الرياضية للاحتمالية من هذا التعريف. علينا معرفة الفراغ التجريدي للأحداث للمسألة المطروحة أمامنا، عندما نرغب في تطبيق الاحتمالية على الحياة الواقعية. فعندما يقول خبير الأرصاد الجوية أن نسبة احتمالية هطول المطر غداً تعادل 95٪، فما هي مجموعة الأحداث التجريدية التي تم قياسها؟ هل هي مجموعة الأشخاص التي ستغادر المنزل غداً، ونسبة الذين سيتبللون بالمطر تساوي 95٪؟ أم هل هي مجموعة الوحدات الزمنية الممكنة والتي ستجدني فيها مبللاً بنسبة 95٪؟ أم هل هي مجموعة وحدات المساحة الأرضية في منطقة معينة، والتي ستتبلل بنسبة 95٪؟ بالطبع ولا واحدة من هذه الاحتمالات. فما هي إذن؟

اعتقد كارل بيرسون، الذي جاء قبل كولموغوروف، أن التوزيعات الاحتمالية تمت مراقبتها عن طريق جمع البيانات الكثيرة. تابعنا المسائل المتعلقة بهذا الاتجاه.

حاول وليام س. غوسيت أن يصف فراغ الأحداث للتجربة التي تم تصميمها. قال إنها مجموعة لكل النتائج الممكنة لتلك التجربة. قد يكون هذا الكلام مقنعا فكرياً، ولكن لا جدوى منه. من الضروري وصف التوزيع الاحتمالي لنتائج التجربة بدقة كافية تمكننا من حساب الاحتمالات التي نحتاج إليها لأداء التحليلات الإحصائية. كيف لنا أن نشتق توزيعاً احتمالياً معيناً لفكرة غامضة لمجموعة من النتائج الممكنة؟

وافق ر.آ. فيشر غوسيت في البداية، ولكنه جاء بتعريف أفضل. نجد في تصميمه للتجارب، أن حلول وحدات التجارب تُعين عشوائياً . فإذا أردنا مقارنة علاجين لتصلب الشرايين عند الجرذان البدينة، نعين العلاج الأول (أ) عشوائياً لبعض الجرذان والعلاج (ب) للباقي. وتبدأ الدراسة ومراقبة النتائج. فلنفترض أن للعلاجين الأثر الضمني نفسه. وحيث إن الحيوانات تم تعيين علاجها عشوائياً، ستعطي كل التعيينات الأخرى نتائج مشابهة. والطوابع العشوائية الموضوعة على العلاج، هي بطاقات ليس لها صلة بالموضوع، ويمكن تغييرها بين الحيوانات مادام لطرق العلاج الأثر نفسه . لذلك يكون فراغ الأحداث، كما يراه فيشر، هو مجموعة التعيينات العشوائية الممكنة التي قد أجريت. هذه مجموعة محددة من الأحداث، يتساوى كل منها في إمكانية حدوثه. من الممكن حساب التوزيع الاحتمالي للنتائج تبعاً للنظرية الصفرية بأن لطرق العلاج الأثر نفسه. وهذا ما يسمى «اختبار التبديل». عندما اقترحه فيشر، أصبح عد كل

التعيينات العشوائية الممكنة مستحيلاً. أثبت فيشر أن الصيغ التي استخدمها في تحليل المتغير أعطت نتائج تقريبية جيدة لاختبار التبديل الصحيح.

كان هذا قبل قدوم الكمبيوتر فائق السرعة. أصبح الآن ممكناً إجراء اختبارات التبديل (لا يتعب الكمبيوتر عند أدائه للعمليات الحسابية البسيطة)، ولم يعد هناك حاجة لصيغ فيشر لتحليل المتغير، ولا حتى للكثير من النظريات الرياضية الإحصائية الصعبة التي تم إثباتها عبر السنين. بإمكاننا إجراء اختبارات الدلالة مع اختبارات التبديل على الكمبيوتر، مادامت البيانات ناتجة عن تجربة التحكم فيها عشوائي.

من غير الممكن تطبيق اختبار الدلالة على البيانات التي تمت مراقبتها. وهذا من الأسباب الرئيسية التي اعترض عليها فيشر في دراسات الصحة والتدخين. استخدم المؤلفون اختبار الدلالة الإحصائي لإثبات حالتهم. أما فيشر، فقد اعتبر اختبارات الدلالة الإحصائية غير ملائمة، إلا إذا أجريت مقترنة مع التجارب التي اختيرت بياناتها عشوائياً. يتم التقرير الروتيني لحالات التمييز في المحاكم الأمريكية، على أساس اختبارات الدلالة الإحصائية. أصدرت المحكمة الأمريكية العليا حكماً بالموافقة على هذه الطريقة، في تحديد ما إذا كان هناك أثر متفاوت حسب التمييز الجنسي أو العنصري. سيعترض فيشر على هذا بأعلى صوته. تبنت الأكاديمية الوطنية الأمريكية للعلوم U.S. National Academy of Sciences في نهاية الثمانينات

دراسة سبل استخدام الأساليب الإحصائية كدليل إثبات في المحاكم. ترأس الدراسة كل من ستيفن فينبيرغ Stephen Fienberg من جامعة كارناغي ميلون Carnegie Mellon University وساموِيل كريسلوف Samual Krislov من جامعة مينوسوتا University of Minnesota، وأصدرت الهيئة الدراسية تقريرها سنة 1988. انتقدت الكثير من الأبحاث الموجودة في التقرير، استخدام اختبارات الفرضية في حالات التمييز، مع مناقشات مشابهة للتي استخدمها فيشر عندما اعترض على إثبات أن التدخين أدى إلى السرطان. وإذا أرادت المحكمة العليا الموافقة على اختبارات الدلالة في رفع الدعاوى، فيجب أن تعين فراغ الأحداث الذي ينتج الاحتمالات.

يكمن حل آخر لمسألة كولموغوروف في إيجاد فراغ الأحداث في نظرية العينة الفاحصة. عندما نرغب في أخذ عينة عشوائية للسكان لتحديد أمرٍ ما، نعين بوضوح أولئك الذين سنخضعهم للتجربة وأسلوب الاختيار، ثم نختار عينة عشوائياً بناءً على ذلك الأسلوب. يوجد شيء من عدم دقة في النتائج النهائية، ويمكننا تطبيق الأساليب الإحصائية لقياس عدم الدقة. ينتج عدم الدقة عن حقيقة أننا نتعامل مع عينة من الأشخاص. والقيم الحقيقية التي يتم فحصها في الكون، مثل النسبة الحقيقية للمنتخبين الأمريكيين الذين يؤيدون سياسات الرئيس قيم ثابتة، ولكنها غير معروفة. أما فراغ الأحداث الذي يمكننا من استخدام الأساليب الإحصائية، فهو مجموعة من العينات

العشوائية الممكنة التي كان يمكن اختيارها. إن هذه مجموعة محددة، يمكن حساب توزيعها الاحتمالي. وتم إثبات المعنى الواقعي للاحتمالية لفحص العينة.

لا تعتبر الأساليب الإحصائية في الدراسات المتعلقة بالمراقبة في علم الفلك، وعلم الاجتماع وعلم الأوبئة والقانون أو علم الأرصاد الجوية أساليب ثابتة. وغالباً ما تكون المناقشات التي تنشأ في هذه المجالات مبنية على حقيقة أن النماذج الرياضية المختلفة، ستعطي رداً للنتائج النهائية المختلفة. فإذا لم نتمكن من تعيين فراغ الأحداث الذي ينتج البيانات المحسوبة، لن يجدي عندئذ أي نموذج. وكما اتضح في الكثير من الحالات القضائية، فقد يختلف عالما إحصاء يعملان في البيانات نفسها على تحليلات هذه البيانات. يزداد استخدام النماذج الإحصائية في الدراسات المتعلقة بالمشاهدة، للمساعدة في القرارات الاجتماعية الصادرة عن الحكومة والهيئات. يبعث هذا الفشل الأساسي في القدرة على اشتقاق الاحتمالات من غير غموض، الشك في فائدة هذه الأساليب.

هل يفهم الناس حقاً معنى الاحتمالية؟

أحد الحلول لسؤال المعنى الواقعي للاحتمالية كان في مفهوم «الاحتمالية الشخصية». كان ل.ج. (جيمي) سافاج من الولايات المتحدة وبرونو دي فينيتي من إيطاليا من أهم مناصري هذه الرؤية. كان أفضل ما قُدّمت فيه هذه الرؤية في كتاب

سافاج، أساسيات الإحصاء The Foundations of Statistics، الصادر سنة 1954. تظهر الاحتمالية في هذه الرؤية كمفهوم ثابت. يسيطر على الناس بشكل طبيعي استخدام الاحتمالية في حياتهم. قبل الدخول في مغامرة، يقرر الناس بحدسهم احتمالات النتائج الممكنة. إذا كانت احتمالية الخطر مثلاً، عظيمة ، يتجنب المرء ذلك الفعل. أما بالنسبة لسافاج ودي فينيتي، فالاحتمالية هي مفهوم عام ولا نحتاج لربطها باحتمالية كولموغوروف الرياضية. كل ما نحتاج إليه هو ترسيخ قواعد عامة لجعل الاحتمالية الشخصية متماسكة. نحتاج لهذا أن نفترض ألاّ يتعارض الأشخاص عند الحكم على احتمالية الأحداث. اشتق سافاج قواعد للتماسك الداخلي مبنية على تلك الفرضية.

هنالك احتمالية شخصية خاصة لكل شخص حسب مفهوم سافاج - دي فينيتي. من الممكن أن يقرر أحدهم أن احتمالية هطول المطر تعادل 95٪ بينما يقرر آخر أنها تعادل 72٪، وهذا بناء على مشاهدتهم البيانات نفسها. تمكن سافاج مستخدما نظرية بييز ودي فينيتي من توضيح، أن شخصين لهما احتمالات شخصية متماسكة سوف تلتقي عند نتائج الاحتمالية نفسها، إذا واجهت السلسلة البيانية نفسها. هذه نتيجة نهائية مقنعة. يختلف الناس ولكنهم منطقيون، هذا ما يقولونه. فسيتوافق المنطقان أخيرا عند إعطاء البيانات الكافية، حتى لو لم يتوافقا في البداية.

تعامل جون مينارد كيينز John Maynard Keynes في رسالة الدكتوراه التي نشرها سنة 1921 باسم بحث في الاحتمالية

A Treatise on Probability، مع الاحتمالية بطريقة مختلفة. كانت الاحتمالية حسب مفهومه مقياساً لعدم الدقة عند تقديم الأشخاص، الذين لهم الحضارة العلمية نفسها لحالة معينة. كانت الاحتمالية نتيجة لحضارة الفرد، وليست تبعاً لإحساسه الداخلي. من الصعب دعم هذا الاتجاه إذا حاولنا المقارنة بين احتمالية بمعدل 72٪ وأخرى بمعدل 68٪. لا يمكن للتوافق الحضاري العام أن يصل إلى درجة من الدقة. أشار كيينز أنه نادراً ما نحتاج لمعرفة الاحتمالية الدقيقة لحدث ما من أجل اتخاذ القرار. وعادة ما نكتفي بالقدرة على تنظيم الأحداث. وأضاف أنه بإمكاننا اتخاذ القرارات جراء معرفتنا بوجود احتمالية أكبر لهطول المطر غداً من انهمار البرَد، أو أن احتمالية هطول المطر تساوي ضعف احتمالية انهمار البرد. أشار كيينز أنه يمكن للاحتمالية أن تكون جزئية التنظيم. لا يجب علينا مقارنة الأمور بعضها ببعض. بإمكاننا إهمال العلاقات الاحتمالية بين احتمال فوز فريق اليانكيز Yankees بالبطولة، واحتمالية هطول المطر غداً.

وهكذا يعتمد حلان من الحلول المقترحة في مسألة معنى الاحتمالية على الرغبة الإنسانية العامة في تحديد الغموض، أو على الأقل فعل ذلك بطريقة تقريبية. يحقق كيينز في رسالته، بنية رياضية للتنظيم الجزئي للاحتمالية الشخصية. لقد قام بهذا العمل قبل أنْ يضع كولموغوروف أسس الاحتمالية الرياضية، ولم تكن هناك محاولة لربط تركيباته مع أعمال كولموغوروف.

ادعى كيينز أن تعريفه للاحتمالية يختلف عن مجموعة تركيبات الحسابات الرياضية، التي كانت تمثل المادة الرياضية في الاحتمالية في سنة 1921. فلكي تصبح الاحتمالات نافعة، على الشخص الذي ينفذها أن يوافقها مع مقياس سافاج للترابط المنطقي، كما يظن كيينز.

يساعد هذا، الرؤية الاحتمالية التي قد تدعم أسس اتخاذ القرار بالنماذج الإحصائية. وهي أن لا تُبنى الاحتمالية على فراغ الأحداث بل إن الاحتمالات العددية يتم استنتاجها من المشاعر الشخصية للأشخاص المعنيين. بدأ بعده علماء النفس مثل دانيال كانمان Daniel Kahneman وأموس تفرسكي Amos Tversky من الجامعة اليهودية Hebrew University في القدس Jerusalem عملية البحث النفسية للاحتمالية الشخصية.

قام كانمان وتفرسكي في السبعينيات والثمانينيات بالبحث عن طريقة يمكن فيها تفسير الاحتمالية. جمعا أعمالهما في كتابهما (ساعد في تحريره ب. سلوفيك P. Slovic الحكم تحت الشكوك: الاستكشاف والتحيز Judgement Under Uncertainty: Heuristics and Biases). قاما بتقديم مجموعة من النصوص الاحتمالية لطلاب الكليات، ولهيئات التدريس فيها، وللمواطنين العاديين. لم يجدا أحداً يتوافق مع مقياس سافاج للترابط المنطقي. بل وجدا عدم قدرة معظم الأشخاص في الوصول إلى الرؤية الثابتة، لما تعنيه الاحتمالات العددية المختلفة. أفضل ما توصلا إليه هو أن الأشخاص يمكنهم

الحفاظ على الحس المعنوي الثابت لمعدل 50 : 50 وعلى معنى «أكيد تقريباً». نستنتج من أعمال كانمان وتفرسكي، أنه لا يمكن لخبير الأرصاد الجوية أن يجد الفرق بين معدل 90٪ من احتمالية هطول المطر وبين معدل 75٪ من احتمالية هطول المطر. ولا حتى أحد من السامعين للأرصاد الجوية يمكن أن تتوفر لديه رؤية ثابتة لما يعنيه هذا الفرق.

قدَّم تفرسكي سنة 1974، هذه النتائج في اجتماع للمجتمع الملكي الإحصائي . وفي مرحلة النقاش اللاحقة، قدَّم باتريك سابس Patrick Suppes من جامعة ستانفورد نموذجاً بسيطاً للاحتمالية، اتفق مع بديهيات كولموغوروف محاكياً ما وجده كانمان وتفرسكي. مما يعني أنه سيكون للأشخاص الذين استعملوا هذا النموذج، ترابطا منطقيا في احتمالاتهم الشخصية. هناك خمسة احتمالات في نموذج سابس:

صحته أكيدة
أقرب للصحة
متساوٍ في الصحة وعدمها
أقرب للخطأ
خطأه أكيد

يقودنا هذا إلى نظرية رياضية غير مثيرة. يمكننا فقط اشتقاق نحوَ نصف دزينة من النظريات من هذا النموذج، وبراهين هذه النظريات هي في الغالب بديهية. وإذا كان كانمان

وتفرسكي على حق، فإن النسخة المعدلة الوحيدة والمفيدة للاحتمالية الشخصية لا تحقق لنا المتعة في الرياضيات التجريدية، وتنتج لنا نسخاً محدودة من النماذج الإحصائية. وإذا كان نموذج سابس هو الوحيد حقاً الذي يتطابق مع الاحتمالية الشخصية، فإن الكثير من تقنيات التحليلات الإحصائية، والتي تعتبر تطبيقات عادية لا فائدة منها، لأنها لا تنفعنا إلا في إنتاج اختلافات أدنى من مستوى الإدراك البشري.

هل الاحتمالية ضرورية حقاً؟

إن الفكرة الأساسية خلف الثورة الإحصائية هي أن الأشياء الحقيقية في العلوم هي توزيعات للأرقام، يمكن وصفها بالمتغيرات. من المناسب رياضياً أن نجعل هذا المفهوم جزءاً لا يتجزأ في النظرية الاحتمالية والتعامل مع التوزيعات الاحتمالية. وباعتبار التوزيعات العددية كعناصر من النظرية الرياضية للاحتمالية، من الممكن إنشاء المقاييس الأمثل لحساب هذه المتغيرات وللتعامل مع المسائل الرياضية التي تنشأ عندما تُستخدم البيانات لوصف التوزيعات. ولأن الاحتمالية تبدو متأصلة في مفهوم الاحتمالية، لقد بُذلت الجهود الكبيرةً لجعل الناس يفهمون معنى الاحتمالية، بمحاولة ربط الأفكار الرياضية للاحتمالية للحياة بواقع الحياة، وباستخدام أدوات الاحتمالية المشروطة لتفسير نتائج التجارب العلمية والمشاهدات.

يمكن أن تنشأ فكرة التوزيعات خارج نظرية الاحتمالية.

وفي الواقع، تُستخدم التوزيعات غير السليمة (غير سليمة لأنها لم تحقق كل متطلبات التوزيع الاحتمالي) حالياً في ميكانيكا الكم وفي بعض التقنيات البييزينية. إن تطوير نظرية الاصطفاف، وهي عبارة عن حالة يكون فيها معدل زمن الوصول إلى الصف يساوي زمن الخدمة في الصف، وهي تؤدي إلى توزيعات غير سليمة بسبب طول زمن الانتظار لمن دخل في الصف. هذه حالة يتم تطبيق رياضيات النظرية الاحتمالية لحالة من واقع الحياة ولكنها تبعدنا عن مجموعة التوزيعات الاحتمالية.

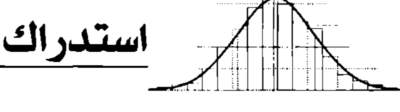
ماذا سيحدث في القرن الحادي والعشرين؟

كانت الرؤية المنتهية لكولموغوروف في وصف الاحتمالية تبعاً لخصائص سلسلة المتتاليات المنتهية، بحيث لا تكون فيها نظرية المعلومات نتاجاً للحسابات الاحتمالية، ولكن المرجع القديم للاحتمالية بحد ذاتها. قد يأتي من يأخذ الكشاف المضيء من المكان الذي تركه ليطور نظرية جديدة في التوزيعات عن طريق إدخال الطبيعة الفعلية للكمبيوتر الرقمي إلى الأسس المنطقية.

من يعلم ما إذا كان هناك ر.آ. فيشر في مكان ما، يعمل على حواشي العلوم الراسخة، والتي ستنفجر قريباً على الساحة العلمية بأفكار ومعتقدات لم يتم التفكير فيها مسبقاً؟ ربما، في مكان ما في وسط الصين، سيولد لوسيان لوكام آخر من عائلة ريفية غير متعلمة؛ أو يظهر في شمال أفريقيا جورج بوكس آخر

لم يكمل تعليمه الرسمي بعد الثانوية ويعمل الآن ميكانيكياً، يكتشف ويتعلم بنفسه. أو ربما غرترود كوكس أخرى تتخلى عن آمالها لتصبح مبشرة لتهتم بالأحاجي العلمية والرياضية؛ أو وليام س. غوسيت آخر يحاول أن يجد طريقة لحل مشكلة في تخمير البيرة؛ ونيمان وبيتمان آخران يُدرسّان في كلية بدائية منعزلة في الهند ويفكران تفكيراً عميقاً. من يعلم من أين سيأتي الاكتشاف العظيم التالي؟

وبدخول القرن الحادي والعشرين، تقف الثورة الإحصائية منتصرة. لقد قهرت مبدأ التحديد في معظم الجوانب العلمية الغامضة. وانتشر استعمالها حتى أصبحت فرضياتها الضمنية جزءاً من الحضارة الشائعة التي يعجز وصفها في العالم الغربي. لقد وقفت منتصرة على أقدام راسخة من طين في مكان ما. تنتظرنا في جوانب المستقبل المخفية، ثورة إحصائية لتهزم سابقتها، وربما يعيش الرجال والنساء الذين سيخلقون هذه الثورة بين ظهرانينا.



استدراك

قمت بتصنيف النساء والرجال الذين ساهموا في مجال هذا الكتاب إلى مجموعتين: من ذكرت ومن لم أذكر. قد تعترض المجموعة الأولى لأنني لم أذكر إلا اليسير من أعمالهم. أما المجموعة الثانية فستعترض لأنني لم أذكر شيئاً عن أعمالهم. لذا أجد من باب احترام مشاعر المجموعتين أن أشرح أسلوبي في انتقاء ما أخذت وما رددت.

أقول للمجموعة الأولى والتي لم أذكر كامل أعمالها أن العلم الحديث بات واسعاً يستحيل لأي شخص أن يعلم جميع أسراره بمفرده. ولهذا تجد بعض الأبحاث استخدمت فيها الأساليب الإحصائية، بينما لم أكن أدري ذلك نفس. بحثت في أوائل السبعينيات عن مجالات استخدام كلمة الكمبيوتر في مجلدات الفحوصات الطبية، فوجدت ثلاثة استخدامات مستقلة عن بعضها، ويشير العاملون في كل منها إلى الآخرين وينشرون في المنشورات نفسها. ولم تكن هنالك أدنى إشارة أن علماء مجموعة ما على علم بما يفعله العلماء الآخرون. فإذا كانت هذه الحال في مجموعة ضيقة النطاق كالمجموعة الطبية، فلا عجب، وفي مجال العلوم عامة، أن يكون هناك مجموعات

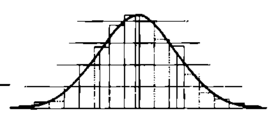
كثيرة تستخدم الأساليب الإحصائية وتنشر مقالاتها في مجالات وإصدارات لم أسمع بها من قبل. تنبثق درايتي عن الثورة الإحصائية مما قرأت شخصياً عن الإحصاء الرياضي. فلا عجب ألا أذكر هؤلاء العلماء الذين لا يشاركون أو لا يكتبون في المجلات والمنشورات التي أقرأها، رغم كون أعمالهم مرموقة، مثل من قام بتطوير النظرية المشوشة.

وقد حذفت بعض المواد عمداً، إذ لم يكن هدفي كتابة تاريخ شامل عن تطور أساليب الإحصاء. وجّهت هذا الكتاب نحو من لديه معلومات قليلة، أو من ليس لديه معلومات البتة عن الرياضيات، فاستخدمت أمثلة أستطيع التعبير عنها بالكلمات بدلاً من الرموز الرياضية. فانحصرت بذلك خياراتي بمن أستطيع النقل عنه أو شرح عمله. كما أردت الحفاظ على روح الترابط خلال الكتاب. فلو استخدمت الرموز والأساليب الرياضية لاستطعت إظهار الروابط بين الكثير من المجالات. لكن رأيت أن هذا الكتاب سينحدر مستواه لمجرد كونه عبارة عن مجموعة من الأفكار دون رابط بينها، وذلك إذا لم أستعمل عامل الرموز لربطها. احتاج هذا الكتاب لمنظومة منسّقة من مجالات البحث. وقد لا تكون المنظومة التي اخترتها خلال مداخلات علم الإحصاء في القرن العشرين، هي المنظومة التي يختارها غيري. ولكنني أُجبرت لما اخترتها أن أتبعها خلال الكتاب، حتى لو كان هذا على حساب الكثير من مواضيع الإحصاء ذات الأهمية البالغة.

فلا يعني عدم إدراج عمل أحدهم في كتابي أن عمله ليس بالمهم أو أنني أراه كذلك. إنما يعني ذلك قصوري في إدراج عمله ضمن منظومتي، التي اخترتها للكتاب، دون مخالفة هذه المنظومة.

أتمنى أن يُلهِمَ كتابي هذا القرّاء، كي يتمعنوا في الثورة الإحصائية. بل أتمنى أن يقود هذا الكتاب بعض القرّاء لدراسة هذا الموضوع، وللانضمام لعالم البحث الإحصائي. لقد أدرجت في مراجع الكتاب كتباً ومقالات، أعتقد أنها تفيد من لا خبرة رياضية لديه. فقد حاول فيها الإحصائيون شرح ما أثارهم نحو الإحصاء. لذا أعتقد أنه من المفيد قراءة هذه الكتب والمراجع لكل من يهمه البحث والتوغل في الثورة الإحصائية.

أتقدم بشكري لجهود و. هـ. فريمان W. H. Freeman الذين قاموا بنشر هذه النسخة المنقّحة الأخيرة من هذا الكتاب. وأُدين لدون غيشيفيتش Don Gecewicz لقيامه بتنقيح وتصحيح الكتاب، وكذلك إليانور ويدج Eleanor Wedge وفيفين فايس Vivien Weiss لقيامهما بإخراجه (وتدقيق الحقائق ثانية)، وباتريك فاراس Patrick Farace الذي رأى أهمية وقيمة هذا الكتاب، وفيكتوريا توماسيللي Voctoria Tomaselli وبيل بيج Bill Page وكارن بار Karen Barr وميج كوهتا Meg Kuhta وجوليا ديروزا Julia DeRosa لأعمالهم وجهودهم الفنية.



شريط زمني

السنة	الحادثة	الشخص
1857	مولد كارل بيرسون	ك. بيرسون
1865	مولد غيدو كاستيلنوڤو	غ. كاستيلنوڤو
1866	أعمال غريغور منديل في إخصاب النباتات	غ. منديل
1875	مولد فرانسيسكو باولو كانتيللي	ف.ب. كانتيللي
1876	مولد ويليام سيلي غوسيت	و.س. غوسيت («طالب»)
1886	مولد بول ليڤي	ب. ليڤي
1890	مولد رونالد آيلمر فيشر	ر.آ. فيشر
1893	مولد براسانترا شاندرا ماهالانوبيس	ب.ش. ماهالانوبيس
1893	مولد هارالد كرامير	هـ. كرامير
1894	مولد جيرزي نيمان	ج. نيمان
1895	اكتشاف التوزيع الانحرافي	ك. بيرسون
1895	مولد إيغون س. بيرسون	إ.س. بيرسون
1899	مولد تشيستر بليس	ت. بليس
1900	مولد جيترود م. كوكس	ج.م. كوكس
1900	إعادة اكتشاف أعمال غريغوري منديل Work	و. بيتسون
1902	أول عدد من بيومتريكا	ف. جالتون، ك. بيرسون، ر. ويلدون
1903	مولد آندراي نيكولافيتش كولموغوروف	آ.ن. كولموغوروف
1906	مولد صامويل س. ويلكس	س.س. ويلكس

السنة	الحادثة	الشخص
1908	«متوسط الخطأ المحتمل» («تجربة» طالب)	و.س. غوسيت
1909	مولد فلورنس نايتينغيل ديڤيد	ف.ن. ديڤيد
1911	وفاة معالي فرانسيس غالتون	ف. غالتون
1911	قواعد العلوم	ك. بيرسون
1912	مولد جيروم كورنفيلد	ج. كورنفيلد
1912	أول إصدارات ر.آ. فيشر	ر.آ. فيشر
1915	توزيع معامل الارتباط	ر.آ. فيشر
1916	مولد جون تاكي	ج. تاكي
1916	أول ظهور لمقدمة (لملاحظات) جليڤينكو-كانتيللي	ف.ب. كانتيللي
1917	مولد ل.ج. («جيمي») سافاج	ل.ج. سافاج
1919	منشورة «كالكولو ديللا بروبابيليتا...».	غ. كاستيلنوڤو
1919	فيشر في مركز اختبار روثهامستيد	ر.آ.فيشر
1920	أولى منشورات ليبيسغ التكاملية	هـ. ليبيسغ
1921	مناقشة الاحتمالات	ج.م. كينز
1921	«دراسات حول التغير في المحصول. 1»	ر.آ. فيشر
1923	«دراسات حول التغير في المحصول. 2»	ر.آ. فيشر
1924	«دراسات حول التغير في المحصول. 3»	ر.آ. فيشر
1924	«نفي ظاهرة التأخر الذهني» - أول منشورات فيشر عن المورّثات	ر.آ. فيشر
1925	أول عدد من الأساليب الإحصائية للباحثين	ر.آ. فيشر
1925	نظرية التقدير الإحصائي (تقدير الاحتمالات الأقوى)	ر.آ. فيشر
1926	أول رسالة عن التصميم التجريبي في الزراعة	ر.آ. فيشر
1927	«دراسات حول التغير في المحصول. 4»	ر.آ. فيشر
1928	أولى نشرات نيمان-بيرسون عن اختبار الفرضيّات	ج. نيمان، إ.س. بيرسون
1928	خطوط المُقارب الثلاثة لأطراف التناسب	ل.هـ.س. تيبّت، ر.آ. فيشر

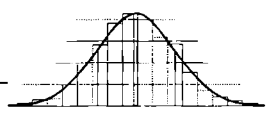
السنة	الحادثة	الشخص
1928	«دراسات حول التغير في المحصول. 6»	ر.آ. فيشر
1930	العدد الأول من سجلات الإحصائيات الرياضية	هـ. كارفر
1930	النظرية الجينية للاختيار الطبيعي	ر.آ. فيشر
1931	إنشاء المعهد الهندي للإحصاء	ب.ش. ماهالانوبيس
1933	بديهية الاحتمالات	آ.ن. كولموغوروف
1933	أول عدد من سانخيا	ب.ش. ماهالانوبيس
1933	الانتهاء من تحليل وحدة الاحتمالية	ت. بليس
1933	وصول صامويل س. ويلكس إلى برينستون	س.س. ويلكس
1934	فواصل الثقة لنيمان	ج. نيمان
1934	برهان نظرية النهاية المركزية	ب. ليڤي، ج. ليندبيرغ
1934	تشيستر بليس في معهد لينينغراد لحماية المزروعات	ت. بليس
1935	أول تطوير لنظرية مارتينغيل	ب. ليڤي
1935	صدور تصميم التجارب	ك. بيرسون
1936	وفاة كارل بيرسون	ك. بيرسون
1937	التدقيق الإحصائي السكاني لدائرة العاطلين عن العمل في الولايات المتحدة بانتقاء العينات عشوائياً	م. هانسن، ف. ستيفان
1937	وفاة وليام سيلي غوسيت	و.س. غوسيت («طالب»)
1938	لوائح إحصائية للأبحاث البيوليجية والزراعية والطبية	ر.آ. فيشر، ف. ييتس
1940	كتاب الأساليب الإحصائية	ج.و. سنيديكور
1941	وفاة هنري ليبيسغ	هـ. ليبيسغ
1945	ملخص أعمال فيشر للأساليب الرياضية في الإحصاء	هـ. كرامي
1945	أولى منشورات ويلكوكسون عن التجارب بدلائل غير متغايرة	ف. ويلكوكسون

السنة	الحادثة	الشخص
1947	أول ظهور عام لنظرية التقدير التتابعي	أ. والد
1947	صياغة مان-ويتني للتجارب بدلائل غير متغايرة	هـ.ج. مان، د.ر. ويتني
1948	أعمال بيتمان على النتائج الإحصائية للدلائل غير المتغايرة	أ.ج.ج. بيتمان
1949	أعمال كوشران في الدراسات المراقِبة	و.غ. كوشران
1950	نشر كتاب كوشران وكوكس عن التصميم التجاربي	و.غ. كوشران، ج.م. كوكس
1952	وفاة غيدو كاستيلنوڤو	غ. كاستيلنوڤو
1957	منازعات فيشر عن الأخطار المزعومة للتدخين	ر.آ. فيشر
1958	نشر إحصاء القصيّ	إ.ج. غانبل
1959	تطبيق بوكس لمصطلح «شديد»	ج.إ.ب. بوكس
1959	الصياغة المحددة لاختبار الفرضيات	إ.ل. ليمان
1960	فُرَص المجموعات	ف.ن. ديڤيد، د.إ. بيرتون
1962	صياغة نظرية سافاج-دي فينيتي للاحتمالات الشخصية	ل.ج. سافاج، ب. دي فينيتي
1962	آخر دراسات فيشر المتعلقة بالاختلاف الجنسي للجينات	ر.آ. فيشر
1962	وفاة رونالد آيلمر فيشر	ر.آ. فيشر
1964	وفاة صامويل س. ويلكس	س.س. ويلكس
1964	«تحليل المحولات»	ج.إ.ب. بوكس، د.ر. كوكس
1966	وفاة فرانسيسكو باولو كانتيللي	ف.ب. كانتيللي
1967	صياغة هاييك لاختبار الدرجات	ج. هاييك
1969	الدراسة القومية للهالوثين (متضمنة أعمال على النماذج اللوغوريتمية الطولية)	و.م.م. بيشوب وآخرون
1970	أولى إصدارات نانسي مان عن نظرية العِوَل وتوزيع فايبول	ن. مان

السنة	الحادثة	الشخص
1970	ألعاب، آلهة، ومقامرة	ف.ن. ديڤيد
1971	وفاة بول ليڤي	ب. ليڤي
1971	وفاة ل.ج. («جيمي») سافاج	ل.ج. سافاج
1972	دراسة برينستون عن تقدير الشّدة (دراسة برينستون للشّدة)	د.ف. آندروز، ب.ج. بيكل، ف.ر. هامبل، ب.ج. هوبر، و.هـ. روجرز، ج.و. تاكي
1972	وفاة براسانتا شاندرا ماهالانوبيس	ب.ش. ماهالانوبيس
1975	انتخاب ستيللا كانليف لرئاسة المجمع الإحصائي الملكي	س.ف. كانليف
1976	«العلم والإحصاء» نظرة حول استخدامات الاختبارات ذات دلالات	ج.إ.ب. بوكس
1977	صياغة كوكس للاختبارات ذات دلالات	د.ر. كوكس
1977	نشر تحليل البيانات الاستطلاعي	ج. تاكي
1978	وفاة غيترود م. كوكس	غ.م. كوكس
1979	وفاة تشبستر بليس	ت. بليس
1979	وفاة جيروم كورنفيلد	ج. كورنفيلد
1979	تعيين جانيت نوروود كمفوضة مكتب الإحصاء العمالي	ج. نوروود
1980	وفاة إيغون س. بيرسون	إ.س. بيرسون
1981	وفاة جيرزي نيمان	ج. نيمان
1982	صياغة حديثة لنظرية الفوضى	ر. آبراهام، س. شو
1983	دراسات توضح الطبيعة المحدودة للاحتمالات الشخصية	أ. تفيرسكي، د. كانيمان
1985	وفاة هارالد كرامي	هـ. كرامي
1987	وفاة آندراي نيكولافيتش كولموغوروف	آ.ن. كولموغوروف
1987	استخدام التراجع الجوهري لضبط بؤرة الكاميرات («الأساليب المشوشة»)	ل.ج. كوهين T. Yamakawa

السنة	الحادثة	الشخص
1989	ملاحظات ل.ج. كوهين على النماذج والأساليب الإحصائية	ل.ج. كوهين
1990	نماذج شرائحية للبيانات المراقِبة	ج. وهبة
1992	التطوير التام لطريقة مارتينغيل في الدراسات الطبية	أ. آلين، إ. آندرسون، ر. جيل
1995	وفاة فلورنس نايتينغيل ديڤيد	ف.ن. ديڤيد
1997	امتداد أساليب كوشران للتحليل التتابعي	س. جينيسون، ب.و. تيرنبول
1999	تطبيق طريقة EM اللوغوريتمية لحل مشكلة تتعلق بنموذج المارتينغيل الخاص بآلين-آندرسون-جيل	ر.أ. بيتينسكي، ج.س. ليندسي، ل.م. رايان
2000	وفاة جون تاكي	ج. تاكي

المراجع



Books and articles that are accessible to readers without mathematical training:

BOEN, JAMES R., and Zahn, Douglas A. 1994. *The Human Side of Statistical Consulting*. Belmont, CA: Lifetime Learning Publications. Boen and Zahn sum up their combined experiences as statistical consultants to scientists at a university (Boen) and in industry (Zahn). The book was written for statisticians entering the profession, but it is primarily a book about the psychological relationships among collaborating scientists. The insights and the examples used provide the reader with a very real feel for what the work of a consulting statistician is all about.

BOX, GEORGE E. P. 1976. Science and statistics. *Journal of the American Statistical Association* 71:791. This is an address by George Box, in which he lays out his own philosophy of experimentation and scientific inference. Most of the material is accessible to readers without mathematical training.

BOX, JOAN FISHER. 1978. *R. A. Fisher, the Life of a Scientist*. New York: John Wiley & Sons. Joan Fisher Box is R. A. Fisher's daughter. In this biography of her father, she does an excellent job of explaining the nature and importance of much of his research. She also provides a view of him as a man, including personal reminiscences. She does not gloss over the less admirable aspects of his behavior (such as the time he abandoned his family) but shows an understanding of his motives and ideas.

DEMING, W. EDWARDS. 1982. *Out of the Crisis*. Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology, Center for Advanced Engineering Study. This is Deming's carefully written attempt to influence management of American companies. Without using mathematical notation, he explains important ideas like operational definition and sources of variance. He gives examples of situations in different industries. Above all, the book is an extension of this remarkable man; it reads exactly as he talked. He does not hold back on his criticism of management or of

many of what he considered to be foolish aspects of American management practices, both in industry and government.

EFRON, BRADLEY. 1984. The art of learning from experience. *Science* 225:156. This short article explains the development of "the bootstrap" and other forms of computer-intensive resampling, written by the man who invented the bootstrap.

FISHER, R. A. 1956. *Statistical Methods and Scientific Inference.* Edinburgh: Oliver and Boyd. While it contains some mathematical derivations in its later chapters, this book was Fisher's attempt to explain what he meant by scientific inference, in carefully written words. It is his answer to work by Jerzy Neyman. Much of the material in this book appeared in earlier articles, but this is a summing up, by the genius who laid the foundations of modern mathematical statistics, of his views on what it all means.

HOOKE, R. 1983. *How to Tell the Liars From the Statisticians.* New York: Marcel Dekker. From time to time, statisticians, disturbed by the misuse of statistical methods in popular journals, have attempted to explain the concepts and procedures of good statistical practice to nonstatisticians. Unfortunately, it has been my observation that these books are read primarily by statisticians and are ignored by the people at whom they are aimed. This is one of the best of these books.

KOTZ, SAMUEL. 1965. Statistical terminology—Russian vs. English—in the light of the development of statistics in the U.S.S.R. *American Statistician* 19:22. Kotz was one of the first English-speaking statisticians to examine the work of the Russian school. He learned Russian to become a major translator of that work. In this article, he describes the peculiarities of Russian words as they are used in mathematical articles. The article also contains a detailed description of the fate of statistical methodology in the face of communist orthodoxy.

MANN, NANCY R. 1987. *The Keys to Excellence—The Story of the Deming Philosophy.* Los Angeles, CA: Preswick Books. Nancy Mann was head of the mathematical services groups at several West Coast industrial firms, became a member of the faculty at University of California, Los Angeles, and now heads a small consulting firm. Her contributions to the development of mathematical statistics include some extremely clever methods for estimating the parameters of a complicated class of distributions that are used in life testing of equipment. She had a great deal of contact with W. Edwards Deming and was one of his good

friends. This is her explanation of Deming's work and methods for the nonmathematician.

PEARSON, KARL. 1911. *The Grammar of Science*. Meridian Library, NY: Meridian Library Edition (1957). Although some of the examples Pearson used are now outdated, having been superseded by new scientific discoveries, the insights and the bits of well-written philosophy in this book make it a delight to read almost 100 years later. It provides the reader with an excellent example of Pearson's style of writing and thought.

RAO, C. R. 1989. *Statistics and Truth: Putting Chance to Work*. Fairland, MD: International Co-Operative Publishing House. C. Radhakrishna Rao is one of the more honored members of the statistical profession. In his native land, he has been named Nehru Distinguished Professor and has been granted honorary doctorates from several Indian universities. A recipient of the American Statistical Association's Wilks Medal, he has been named a fellow of each of the four major statistical societies. Much of his published work involves extremely complicated derivations in multidimensions, but this book is the result of a series of popular lectures he gave in India. It presents his carefully thought-out concepts of the value, purpose, and philosophical ideas behind statistical modeling.

TANUR, JUDITH M., ed. 1972. *Statistics: A Guide to the Unknown*. San Francisco: Holden-Day, Inc. For the past twenty years, the American Statistical Association has had a program reaching out to high school students and college undergraduates. Committees of the association have prepared teaching materials, and the association has sponsored video tapes, several of which have appeared on public television. This book consists of a group of case studies, where statistical methods were applied to important social or medical problems. The case studies are written by statisticians who participated in them, but they are written to be read and understood by a high school student with little or no mathematics background. There are forty-five essays in this book, each running about ten pages long. The authors include some of the people I have mentioned in this book. Some of the questions attacked are: Can people postpone their deaths? and Does an increase in police manpower decrease the incidence of crime? Other topics include a discussion of close elections, a brief description of the analysis of the *Federalist* papers, how new food

products are evaluated, the consumer price index, predicting future population growth, cloud seeding experiments, and the aiming of antiaircraft fire.

TUKEY, JOHN W. 1977. *Exploratory Data Analysis*. Reading, MA: Addison-Wesley Publishing Company. This is the textbook Tukey wrote for first-year statistics students at Princeton University. It assumes no prior knowledge—not even of high school algebra. It approaches statistical reasoning from the standpoint of a person faced with a set of data.

Collected works of prominent statisticians:

BOX, GEORGE E. P. 1985. *The Collected Works of George E. P. Box*. Belmont, CA: Wadsworth Publishing Company.

COCHRAN, W. G. 1982. *Contributions to Statistics*. New York: John Wiley & Sons.

FIENBERG, S. E., Hoaglin, D. C., Kruskal, W. H., and Tanur, J. M., eds. 1990. *A Statistical Model: Frederick Mosteller's Contributions to Statistics, Science, and Public Policy*. New York: Springer-Verlag.

FISHER, R. A. 1971. *Collected Papers of R. A. Fisher*. Edited by J. H. Bennett. Adelaide: The University of Adelaide.

——. R. A. 1950. *Contributions to Mathematical Statistics*. New York: John Wiley & Sons.

GOSSET, WILLIAM SEALY. 1942. *"Student" 's Collected Papers*. Edited by E. S. Pearson and John Wishart. Cambridge: Cambridge University Press.

NEYMAN, JERZY. 1967. *A Selection of Early Statistical Papers of J. Neyman*. Berkeley, CA: University of California Press.

NEYMAN, J., and Kiefer, J. 1985. *Proceedings of the Berkeley Conference in Honor of Jerzy Neyman and Jack Kiefer*. Edited by Lucien M. Le Cam and R. A. Olshen. Monterey, CA: Wadsworth Advanced Books.

SAVAGE, L. J. 1981. *The Writings of Leonard Jimmie Savage—A Memorial Selection*. Washington, DC: The American Statistical Association and the Institute of Mathematical Statistics.

TUKEY, J. W. 1984. *The Collected Works of John W. Tukey*. Edited by W. S. Cleveland. Belmont, CA: Wadsworth Advanced Books.

Obituaries, reminiscences, and published conversations:

ALEXANDER, KENNETH S. 1996. A conversation with Ted Harris. *Statistical Science* 11:150.

ANDERSON, R. L. 1980. William Gemmell Cochran, 1909–1980: A personal Tribute. *Biometrics* 36:574.

ANDERSON, T. W. 1996. R. A. Fisher and multivariate analysis. *Statistical Science* 11:20.

ANDREI NIKOLAEVICH KOLMOGOROV: 1903–1987. *IMS Bulletin* 16:324.

ANSCOMBE, FRANCIS J., moderator. 1988. Frederick Mosteller and John W. Tukey: A conversation. *Statistical Science* 3:136.

ARMITAGE, PETER. 1997. The Biometric Society—50 years on. *Biometric Society Newsletter*, 3.

———. 1977. A tribute to Austin Bradford Hill. *Journal of the Royal Statistical Society, Series* A 140:127.

BANKS, DAVID L. 1996. A conversation with I. J. Good. *Statistical Science* 11:1.

BARNARD, G. A., and Godambe, V. P. 1982. Memorial article, Allan Birnbaum, 1923–1976. *The Annals of Statistics* 10:1033.

BLOM, GUNNAR. 1987. Harald Cramér, 1893–1985. *Annals of Statistics* 15:1335.

BOARDMAN, THOMAS J. 1994. The statistician who changed the world: W. Edwards Deming, 1900–1993. *American Statistician* 48:179.

CAMERON, J. M., and Rosenblatt, J. R. 1995. Churchill Eisenhart, 1913–1994. *IMS Bulletin* 24:4.

CHESTER ITTNER BLISS, 1899–1979. 1979. *Biometrics* 35:715.

CRAIG, CECIL C. 1978. Harry C. Carver, 1890–1977. *Annals of Statistics* 6:1.

CUNLIFFE, STELLA, V. 1976. Interaction, the address of the president, delivered to the Royal Statistical Society on Wednesday, November 12, 1975. *Journal of the Royal Statistical Society, Series* A 139:1.

DANIEL, C., and Lehmann, E. L. 1979. Henry Scheffé, 1907–1977. *Annals of Statistics* 7:1149.

DARNELL, ADRIAN C. 1988. Harold Hotelling, 1895–1973. *Statistical Science* 3:57.

DAVID, HERBERT A. 1981. Egon S. Pearson, 1895–1980. *American Statistician* 35:94.

DeGroot, Morris H. 1987. A conversation with George Box. *Statistical Science* 2:239.
——. 1986. A conversation with David Blackwell. *Statistical Science* 1:40.
——. 1986. A conversation with Erich L. Lehmann. *Statistical Science* 1:243.
——. 1986. A conversation with Persi Diaconis. *Statistical Science* 1:319.
Deming, W. Edwards. 1972. P. C. Mahalanobis (1893–1972). *American Statistician* 26:49.
Dpac, Vaclav. 1975. Jaraslav Hájek, 1926–1974. *Annals of Statistics* 3:1031.
Fienberg, Stephen E. 1994. A conversation with Janet L. Norwood. *Statistical Science* 9:574.
Frankel, Martin, and King, Benjamin. 1996. A conversation with Leslie Kish. *Statistical Science* 11:65.
Galton, Francis, F. R. S. 1988. Men of science, their nature and their nurture: Report of a lecture given Friday evening, 27 February 1874, at the Royal Institutions, taken from *Nature*, 5 March, 1874, pp. 344–345. *IMS Bulletin* 17:280.
Gani, J., ed. 1982. *The Making of Statisticians*. New York: Springer-Verlag.
Geisser, Seymour. 1986. Opera Selecta Boxi. *Statistical Science* 1:106.
Gladys I. Palmer, 1895–1967. 1967. *American Statistician* 21:35.
Greenhouse, Samuel W., and Halperin, Max. 1980. Jerome Cornfield, 1912–1979. *American Statistician* 34:106.
Grenander, Ulf, ed. 1959. *Probability and Statistics: The Harald Cramér Volume*. Stockholm: Almqvist and Wiksell.
Hansen, Morris H. 1987. Some history and reminiscences on survey sampling. *Statistical Science* 2:180.
Heyde, Chris. 1995. A conversation with Joe Gani. *Statistical Science* 10:214.
Jerome Cornfield's publications. 1982. *Biometrics Supplement* 47.
Jerry Cornfield, 1912–1979. 1980. *Biometrics* 36:357.
Kendall, David G. 1991. Kolmogorov as I remember him. *Statistical Science* 6:303.
——. 1970. Ronald Aylmer Fisher, 1890–1902. In *Studies in the History of Statistics and Probability*, edited by E. S. Pearson and M. Kendall, 439. London: Hafner Publishing Company.
Kuebler, Roy R. 1988. Raj Chandra Bose: 1901–1987. *IMS Bulletin* 17:50.

LAIRD, NAN M. 1989. A conversation with F. N. David. *Statistical Science* 4:235.
LE CAM, L. 1986. The central limit theorem around 1935. *Statistical Science* 1:78.
LEDBETTER, ROSS. 1995. Stamatis Cambanis, 1943–1995. *IMS Bulletin* 24:231.
LEHMANN, ERIC. L. 1997. Testing statistical hypotheses: The story of a book. *Statistical Science* 12:48.
LINDLEY, D. V. 1980. L. J. Savage—His Work in Probability and Statistics. *Annals of Statistics* 8:1.
LOEVE, MICHEL. 1973. Paul Lévy, 1886–1971. *Annals of Probability* 1:1.
MAHALANOBIS, P. C. 1938. Professor Ronald Aylmer Fisher, early days. *Sankhya* 4:265.
MONROE, ROBERT J. 1980. Gertrude Mary Cox, 1900–1978. *American Statistician* 34:48.
MUKHOPADHYAY, MITIS. 1997. A conversation with Sujit Kumar Mitra. *Statistical Science* 12:61.
NELDER, JOHN. 1994. Frank Yates: 1902–1994. *IMS Bulletin* 23:529.
NEYMAN, JERZY. 1981. Egon S. Pearson (August 11, 1895–June 12, 1980), an appreciation. *Annals of Statistics* 9:1.
OLKIN, INGRAM. 1989. A conversation with Maurice Bartlett. *Statistical Science* 4:151.
——. 1987. A conversation with Morris Hansen. *Statistical Science* 2:162.
ORD, KEITH. 1984. In memoriam, Maurice George Kendall, 1907–1983. *American Statistician* 38:36.
PEARSON, E. S. n.d. *The Neyman-Pearson Story: 1926–34*. Research Papers in Statistics. London: University College.
——. 1968. Studies in the history of probability and statistics. XX: Some early correspondence between W. S. Gosset, R. A. Fisher, and Karl Pearson, with notes and comments. *Biometrika* 55:445.
RADE, LENNART. 1997. A conversation with Harald Bergstrom. *Statistical Science* 12:53.
RAO, C. RADHAKRISHNA. 1993. Prasanta Chandra Mahalanobis, June 29, 1893–June 28, 1972. *IMS Bulletin* 22:593.
THE REVEREND THOMAS BAYES, F. R. S., 1701–1761. 1988. *IMS Bulletin* 17:276.
SAMUEL-CAHN, ESTER. 1992. A conversation with Esther Seiden. *Statistical Science* 7:339.
SHIRYAEV, A. N. 1991. Everything about Kolmogorov was unusual. *Statistical Science* 6:313.

SMITH, ADRIAN. 1995. A conversation with Dennis Lindley. *Statistical Science* 10:305.

SMITH, WALTER L. 1978. Harold Hotelling, 1895–1973. *Annals of Statistics* 6:1173.

STEPHAN, R. R., Tukey, J. W., Mosteller, F., Mood, A. M., Hansen, M. H., Simon, L. E., and Dixon, W. J. 1965. Samuel S. Wilks. *Journal of the American Statistical Association* 60:939.

STIGLER, STEPHEN M. 1989. Francis Galton's account of the invention of correlation. *Statistical Science* 4:73.

——. 1977. Eight centuries of sampling inspection: The trial of the pyx. *Journal of the American Statistical Association* 72:493.

STINNETT, SANDRA, et al. 1990. Women in statistics: Sesquicentennial activities. *American Statistician* 44:74.

STRAF, MIRON, and Olkin, Ingram. 1994. A conversation with Margaret Martin. *Statistical Science* 9:127.

SWITZER, PAUL. 1992. A conversation with Herbert Solomon. *Statistical Science* 7:388.

TAYLOR, G. I. 1973. Memories of Von Karman. *SIAM Review* 15:447.

TAYLOR, WALLIS. 1977. Lancelot Hogben, F.R.S. (1895–1975). *Journal of the Royal Statistical Society, Series A*, Part 2:261.

TEICHROEW, DANIEL. 1965. A history of distribution sampling prior to the era of the computer and its relevance to simulation. *Journal of the American Statistical Association* 60:27.

WATSON, G. S. 1982. William Gemmell Cochran, 1909–1980. *Annals of Statistics* 10:1.

WHITNEY, RANSOM. 1997. Personal correspondence to the author dealing with the genesis of the Mann-Whitney test.

WILLIAM EDWARDS DEMING. 1900–1993. 1994. Alexandria, VA: American Statistical Association. [A pamphlet prepared in support of the W. Edwards Deming Fund]

ZABELL, SANDY. 1994. A conversation with William Kruskal. *Statistical Science* 9:285.

——. 1989. R. A. Fisher and the history of inverse probability. *Statistical Science* 4:247.

Other books and articles, material from which was used in this book:

ANDREWS, D. F., Bickel, P. J., Hampel, F. R., Huber, P. J., Rogers, W. H., and Tukey, J. W. 1972. *Robust Estimates of Location: Survey and Advances*. Princeton, NJ: Princeton University Press.

BARLOW, R. E., Bartholomew, D. J., Bremner, J. M., and Brunk, H. D. 1972. *Statistical Inference Under Order Restrictions: The Theory and Application of Isotonic Regression*. New York: John Wiley & Sons.

BOSECKER, R. R., Vogel, F. A.,Tortora, R. D., and Hanuschak, G. A. 1989. *The History of Survey Methods in Agriculture (1863–1989)*. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, National Agricultural Statistics Service.

BOX, G. E. P., and Tiao, G. C. 1973. *Bayesian Inference and Statistical Analysis*. Reading, MA: Addison-Wesley.

BRESLOW, N. E. 1996. Statistics in epidemiology: The case-control study. *Journal of the American Statistical Association* 91:14.

COCHRAN, WILLIAM G., and COX, Gertrude M. 1950. *Experimental Designs*. New York: John Wiley & Sons.

COHEN, L. JONATHAN. 1989. *An Introduction to the Philosophy of Induction and Probability*. Oxford: Clarendon Press.

———. 1977. *The Probable and the Provable*. Oxford: Clarendon Press.

CORNFIELD, J., Haenszel, W., Hammond, E. C., Lilienfeld, A. M., Shimkin, M. B., and Wynder, E. L. 1959. Smoking and lung cancer: Recent evidence and a discussion of some questions. *Journal of the National Cancer Institute* 22:173.

DAVID, F. N., and Johnson, N. L. 1951. The effect of non-normality on the power function of the F-test in the analysis of variance. *Biometrika* 38:43.

DAVIES, BRIAN. 1999. *Exploring Chaos—theory and experiment*. Reading, MA: Perseus Books.

DAVIS, PHILIP I. 1980. Are there coincidences in mathematics? *American Mathematical Monthly* 88:311.

DEMING, W. EDWARDS. 1974. Selected topics for the theoretical statistician: Invited talk presented at the Princeton meeting of the Metropolitan Section of the American Society for Quality Control, November 17, 1974.

DOLL, RICHARD, and Hill, Austin Bradford. 1964. Mortality in relation to smoking: Ten years' observations of British doctors. *British Medical Journal* 1:1399.

DOOB, J. L. 1953. *Stochastic Processes*. New York: John Wiley & Sons.

DORN, HAROLD F. 1959. Some problems arising in prospective and retrospective studies of the etiology of disease. *New England Journal of Medicine* 261:571.

EFRON, BRADLEY. 1971. Does an observed sequence of numbers follow a simple rule? (Another look at Bode's law). *Journal of the American Statistical Association* 66:552.

ELDERTON, WILLIAM PALIN, and Johnson, Norman Lloyd. 1969. *Systems of Frequency Curves*. London: Cambridge University Press.
FEINSTEIN, ALVAN R. 1989. Epidemiologic analyses of causation: The unlearned scientific lessons of randomized trials. *Journal of Clinical Epidemiology* 42:481.
FIENBERG, STEPHEN, ed. 1989. *The Evolving Role of Statistical Assessments as Evidence in the Court*. New York: Springer-Verlag.
FISHER, R. A. 1935. *The Design of Experiments*. Subsequent eds. 1937–1966. It was also trans. into Italian, Japanese, and Spanish. Edinburgh: Oliver and Boyd.
——. 1930. *The Genetical Theory of Natural Selection*. Oxford: University Press.
——. 1925. *Statistical Methods for Research Workers*. Subsequent eds. 1928–1970. It was also trans. into French, German, Italian, Japanese, Spanish, and Russian. Edinburgh: Oliver and Boyd.
FITCH, F. B. 1952. *Symbolic Logic: An Introduction*. New York: The Ronald Press Company.
GREENBERG, B. G. 1969. Problems of statistical inference in health with special reference to the cigarette smoking and lung cancer controversy. *Journal of the American Statistical Association* 64:739.
GUMBEL, E. J. 1958. *Statistics of Extremes*. New York: Columbia University Press.
KEYNES, J. M. 1920. *A Treatise on Probability*. New York: Harper and Row (1962).
KOSKO, B. 1993. *Fuzzy Thinking: The New Science of Fuzzy Logic*. New York: Hyperion.
KUHN, T. 1962. *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: University of Chicago Press.
MENDEL, GREGOR. 1993. *Gregor Mendel's Experiments on Plant Hybrids: A Guided Study*, edited by Alain F. Corcos and Floyd V. Monaghan. New Brunswick, NJ: Rutgers University Press.
PEARSON, KARL. 1935. On Jewish–Gentile relationships. *Biometrika* 220:32.
SALSBURG, D. S. 1992. *The Use of Restricted Significance Tests in Clinical Trials*. New York: Springer-Verlag.
SAVAGE, L. J. 1954. *The Foundations of Statistics*. New York: John Wiley & Sons.

الفهرس

ج

تقدير لكتاب ذوّاقة الشاي

«لو تعرضت لقضايا إحصائية تنشر العلوم فإنك ستُعجب بهذا الكتاب. بأسلوبه السلس سهل القراءة متجنباً الرموز الرياضية الصعبة. يصف النصُّ كل ما يتعلق بتطورات الإحصاء خلال القرن العشرين، ولا ينسى تزيينه بصور (وأحياناً بكلام العامة) عن خصوصيات وطعن لبعض الشخصيات الرائدة. اقتنِ هذا الكتاب لسعادتك الخاصة، أو اعطه لمن تريد إدخال السرور عليه».

ـ آليفان آر فينشتاين Alivan R. Fienstein, M.D. أستاذ الطب والأوبئة Professor of Medicine and Epidemiology Sterling كلية الطب، في جامعة ييل Yale University School of Medicine.

«وصف مذهل لأنواع الناس الذين تعاملوا وتعاونوا واختلفوا ولَمَعوا في تطوير الإحصاء».

ـ باربارا إي بيلار Barbara A. Bailar نائب أول للرئيس - Senior Vice President، في المركز القومي لأبحاث الرأي National Opinion Research Center

«إن كتاب سالسبورغ عبارة عن قصة النظرية الإحصائية في القرن العشرين إبّان مجدها، وعن عباقرة الرياضيات والعلوم الذين صنعوها. إنه يكتب بخبرة ممزوجة بنظر ثاقب متجنباً الحواجز التكنيكيَّة بين القارئ والموضوع. أخص بالذكر قصة رونالد فيشر التي كتبها بأسلوب متميز عن ذاك العبقري الذي أوجد علوم الرياضيات الإحصائي وأسسِها. ولو حكمنا على العلماء بمدى تأثيرهم على العلوم لوجدنا فيشر في أعلى السلم وبمرتبة آينشتاين Einstein وپولينغ Pauling».

ـ براد إيفرون Brad Efron، أستاذ الإحصاء، جامعة ستانفورد Stanford University

موضوع الكتاب: **تاريخ العلوم، مناهج الإحصاء**

ردمك : ISBN 9960-40-201-0



موقعنا على الانترنت:
http://www.obeikanbooks.com